

# OVER DE MINERALE BESTANDDELEN EN HUN ONDERLINGE VERHOUDINGEN IN VERSCHILLENDE VOEDERMIDDELEN EN RANTSOENEN<sup>1)</sup>

(WITH A SUMMARY)

door

E. BROUWER en S. BRANDSMA

*(Laboratorium voor physiologie der dieren van de Landbouwhogeschool)**(Ontvangen/Received 28.9.'53)*

## INHOUD

	Blz.
1. Inleiding . . . . .	31
2. De afzonderlijke voedermiddelen . . . . .	32
3. Diagrammen der afzonderlijke voedermiddelen . . . . .	39
4. Diagrammen van een aantal volledige rantsoenen voor melkkoeien . . . . .	53
5. Samenvatting . . . . .	68
6. Summary . . . . .	70
Literatuur . . . . .	73

## 1. INLEIDING

Enige tijd geleden verschenen uit dit laboratorium enige verhandelingen betreffende de minerale bestanddelen en hun onderlinge verhoudingen in gras en hooi (3, 4, 8, 9). Hierbij werd een opmerkelijke variatie waargenomen, welke naar alle waarschijnlijkheid niet zonder belang is voor de gezondheidstoestand der dieren, welke deze voedermiddelen eten.

Aangezien het hier slechts een bepaalde categorie van voedermiddelen betrof, liet het zich aanzien, dat nog aanmerkelijk groter variaties zouden worden gevonden bij de onderlinge vergelijking van *verschillende* categorieën van voedermiddelen. Het was daarom aangewezen daar een verder onderzoek naar in te stellen, mede in de hoop, dat aldus meer inzicht zou kunnen worden verkregen in de zogenaamde specifieke diëtetische eigenschappen, welke de landbouwpraktijk van oudsher aan de verschillende voedermiddelen toekent.

In de tweede plaats scheen het van belang na te gaan in welke mate deze variaties worden opgeheven bij het samenstellen van volledige rantsoenen, zoals de praktische landbouwer deze ten behoeve van zijn vee gebruikt en die door duizendvoudige ervaring hun doelmatigheid hebben bewezen.

<sup>1)</sup> Dit onderzoek werd verricht met steun van de Directie van de Landbouw in het kader van een der landbouwkundige projecten gefinancierd met MSA-gelden.

20418216

## 2. DE AFZONDERLIJKE VOEDERMIDDELEN

Hoeveel aandacht men bij bemestings- en voedingsvraagstukken ook aan de minerale samenstelling van gewassen en voedermiddelen moge hebben geschonken, betrouwbare onderzoeken, waarbij de zgn. *volledige* minerale samenstelling van het materiaal werd vastgesteld, zijn geenszins veelvuldig. Het omvangrijkste cijfermateriaal op dit gebied wordt nog steeds gevormd door de zgn. tabellen van WOLFF (36). Zij werden in de tweede helft der vorige eeuw samengesteld, kort nadat de chemische analyse van de asbestanddelen der landbouwgewassen ingang had gevonden en zij geven een overzicht van de uitkomsten, welke tot die tijd in de verschillende onderzoekingsinstituten waren verkregen.

Het is echter duidelijk, dat deze oude analyses niet meer representatief mogen worden geacht voor de samenstelling van onze huidige gewassen. Bovendien hebben de chemische methoden in de jaren, die zijn verstreken, belangrijke verbeteringen ondergaan, zodat ook uit dien hoofde heroriëntering nodig is geacht. Een poging om hier klaarheid te brengen werd ondernomen door de Duitse landbouwproefstations, die daarover in 1934 verslag uitbrachten in de vorm van de tabellen van MACH en HERRMANN (23). Ongetwijfeld geven deze tabellen de samenstelling der huidige voedermiddelen nauwkeuriger weer dan de oudere van WOLFF. Wat hun omvang betreft, staan zij echter verre bij de laatstgenoemde ten achter. Dit is de reden, dat wij ons niet hebben kunnen bepalen tot de bewerking van de tabellen van MACH en HERRMANN, maar ook die van WOLFF in onze beschouwingen hebben moeten betrekken.

Behalve die in de zoëven genoemde tabellen, komen er nog vele volledige mineraalanalysen verspreid in de literatuur voor. Van deze gegevens is echter slechts sporadisch door ons gebruik gemaakt. Tot het systematisch verzamelen er van zijn wij vooralsnog niet overgegaan, omdat de tijd ons daarvoor ontbrak.

Wél werd nog gebruik gemaakt van een verzameling analyses, ons welwillend ter beschikking gesteld door het Centraal veevoederbureau in Nederland, welke analyses betrekking hebben op een groot aantal monsters gras, gemaaid voor hooiwinning, alsmede op het daarvan gewonnen hooi. Deze monsters waren afkomstig van een groot aantal boerderijen, over het gehele land verspreid. Zij waren in de jaren 1931, 1932 en 1933 voor het genoemde veevoederbureau verzameld door Ir J. KOENRAADT en geanalyseerd door het toenmalige Rijkslandbouwproefstation voor veevoederonderzoek te Wageningen. In al deze monsters zijn zowel de organische als de anorganische bestanddelen bepaald, behalve de zwavel, waarvan de gehaltecijfers slechts voor het jaar 1933 zijn vastgesteld en dan nog alleen maar in het hooi, zoals het in de winter uit de hooiberg te voorschijn kwam. Over dit onderzoek is in 1941 een verhandeling gepubliceerd, waarin de afzonderlijke analyses echter niet vermeld zijn (18).

De tot dusverre genoemde bronnen bevatten onvoldoende gegevens omtrent de bijproducten der olie- en meelindustrie, voedermiddelen welke voorkomen in de later te bespreken volledige rantsoenen. De cijfers hieromtrent werden dan ook aan andere bronnen ontleend, in het bijzonder aan het boek van MORRISON (26). Tenslotte werden omtrent ingekuult gras gegevens geput uit een verhandeling van BROUWER (2) en omtrent kunstmatig gedroogd gras uit een opstel van 't HART (19).

Het is duidelijk, dat aan de nauwkeurigheid der analyses hoge eisen moeten worden gesteld, wanneer men niet slechts de afzonderlijke minerale bestand-

delen elk voor zich in ogenschouw neemt, maar ook hun onderlinge verhoudingen en betrekkingen wil bestuderen. In het bijzonder geldt dit voor grootheden als de aardalkali-alkaliciteit, de alkali-alkaliciteit, het base-overschot enz., waarbij drie, vier of zelfs zeven grootheden worden samengevoegd, zodat de analysefouten zich in de einduitkomst ophopen. Dit is de reden, dat wij onze berekeningen bij voorkeur niet hebben uitgevoerd met de analyses der afzonderlijke monsters, maar bij elk voedermiddel met de gemiddelde analyse van een aantal verschillende monsters. Van het materiaal van WOLFF werden daarom slechts dië voedermiddelen genomen, waarvan tien of meer monsters waren onderzocht; bij het minder omvangrijke materiaal van MACH en HERRMANN waren het er telkens ten minste vier. Voor het Nederlandse cijfermateriaal van het Centraal veevoederbureau evenwel werden de berekeningen met de analyses der afzonderlijke monsters uitgevoerd. Echter hebben wij ons hier in het algemeen beperkt tot het voor hooiwinning bestemde gras. Alleen voor het jaar 1933 werd ook het hooi zelf in bewerking genomen, omdat hierin alle zeven minerale bestanddelen, die voor ons van belang zijn, waren bepaald.

Voor zover de volledige minerale samenstelling bekend was, werden voor ieder van al deze gemiddelde en enkelvoudige analyses de volgende berekeningen uitgevoerd. Allereerst werden de gehaltecijfers in milliaequivalenten per kg droge stof uitgedrukt (7), waarbij één grammelecule  $P_2O_5$  gelijk werd gesteld aan zes gramaequivalenten. De aldus verkregen waarden werden gebruikt om de onderstaande grootheden te becijferen.

BT = base-totaal =  $K + Na + Ca + Mg$ ,

ZT = zuur-totaal =  $Cl + S + P$ ,

TT =  $BT + ZT$ ,

VT =  $BT - ZT$ ,

AA = alkali-alkaliciteit =  $K + Na - Cl - S$ ,

EA = aardalkali-alkaliciteit =  $Ca + Mg - P$ ,

TA =  $AA + EA$ ,

VA =  $AA - EA$ .

In de tabellen 1, 2, 3, 4 en 5 zijn de belangrijkste gegevens opgenomen en wel in de eerste plaats de gehalten aan eiwit en minerale bestanddelen in de droge stof en in de tweede plaats de grootheden BT, ZT, TT, VT = TA, AA, EA en VA, deze laatste alle uitgedrukt in milliaequivalenten per kg droge stof. Vervolgens werden BT en ZT in *zuur-basediagrammen of BT-ZT-diagrammen* uitgezet en AA en EA in *alkaliteitsdiagrammen of AA-EA-diagrammen*.

Nu is het duidelijk, dat bij éénzelfde waarde BT niettemin de onderlinge verhouding van de bestanddelen K, Na, Ca en Mg, waaruit BT is opgebouwd, sterk kan schommelen en overeenkomstigs geldt voor ZT. Daarom werden voor elk dezer twee waarden de procentgetallen der samenstellende bestanddelen, berekend op hun som BT en ZT, in *basendiagrammen of BT-diagrammen* en in *zurendiagrammen of ZT-diagrammen* uitgezet.

Wat AA en EA betreft, verkeren wij in hetzelfde geval. Bij éénzelfde AA b.v. kan de onderlinge verhouding van K, Na, Cl en S, waaruit AA is opgebouwd, allerlei variaties vertonen. Daarom werden ook hier diagrammen vervaardigd, die een beeld van deze schommelingen geven. Wij noemen een diagram, dat op de bestanddelen van AA betrekking heeft, een *alkali-alkaliteitsdiagram of AA-diagram*; op dezelfde wijze behoort bij EA een *aardalkali-alkaliteitsdiagram of EA-diagram*. Bij het eerste worden de procentgetallen voor K, Na, Cl en S,

TABEL 1. *Asanalysen, berekend op de droge stof, ontleend aan E. Wolff, Aschenanalysen II (1880) 141*

Groep	Voedermiddel	Aantal monsters	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cl (%)	SO <sub>4</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	BT <sup>1)</sup>	ZT <sup>1)</sup>	TT <sup>1)</sup>	VT = TA <sup>1)</sup>	AA <sup>1)</sup>	EA <sup>1)</sup>	VA <sup>1)</sup>
Grassen en hooi	Weidehooi	106	18,64	2,57	11,13	4,81	4,30	3,64	4,96	1115	422	1536	693	267	426	-159
	Gemidd. hooi	34	18,05	3,27	11,38	5,12	5,16	4,50	4,35	1149	442	1591	707	231	476	-245
	Jong gras en eitgroen	28	26,61	3,58	12,39	6,02	5,36	4,91	7,06	1421	572	1994	849	407	442	-35
	Ongezond hooi <sup>2)</sup>	10	13,93	0,70	6,29	3,12	2,48	2,07	2,64	698	233	931	464	197	268	-71
	Engels raaisgras	11	45,81	1,53	12,30	2,84	6,75	7,01	11,68	1602	859	2461	743	657	86	571
Leguminosen-groenvoeder	„Zoete” grassen	107	23,73	1,93	5,63	2,43	4,26	3,05	5,84	888	443	1331	445	370	75	295
	Rode klaver in bloei	113	22,15	1,35	23,95	7,48	2,59	2,22	6,61	1740	408	2147	1332	386	946	-561
	Rode klaver in knop	14	30,34	1,70	24,78	9,07	2,92	2,02	8,31	2033	484	2517	1549	566	983	-416
	Rode klaver, zeer jong	11	35,99	2,27	28,07	9,27	3,97	2,20	12,11	2299	679	2978	1620	671	950	-279
	Lucerne, begin bloei	12	17,38	1,30	30,02	3,63	2,22	4,24	6,27	1662	434	2096	1229	243	986	-743
Zaden	Wikkens in bloei	25	23,60	2,82	19,61	5,39	1,72	4,02	7,43	1559	463	2022	1096	443	653	-210
	Wintertarwe	110	6,11	0,41	0,64	2,36	0,06	0,08	9,26	283	395	678	-112	139	-251	391
	Zomettarwe	16	6,53	0,37	0,60	2,56	0,10	0,28	10,47	299	452	751	-153	141	-294	435
	Winterrogge	36	6,71	0,31	0,62	2,35	0,10	0,27	9,98	291	431	722	-140	143	-283	426
	Zomergerst	57	5,58	0,62	0,69	2,31	0,26	0,47	9,16	278	406	684	-128	119	-248	367
Stro	Haver	57	5,59	0,52	1,12	2,23	0,29	0,56	8,00	286	360	646	-74	113	-187	301
	Mais	15	4,32	0,16	0,32	2,25	0,13	0,11	6,57	220	284	504	-64	90	-155	245
	Erwten	40	11,77	0,27	1,31	2,18	0,43	0,93	9,80	414	449	863	-36	223	-259	483
	Akkerbonen	19	15,06	0,39	1,81	2,60	0,65	1,23	14,11	526	645	1171	-119	283	-403	686
	Tuinbonen	13	14,17	0,48	2,15	2,45	0,28	1,30	11,44	515	524	1039	-9	276	-285	561
Knollen en wortels	Lupinen	12	13,10	0,28	3,19	5,22	0,33	3,65	16,34	660	791	1451	-131	187	-318	504
	Koolzaad	13	10,88	0,72	6,30	5,24	0,07	1,06	18,80	739	823	1562	-84	226	-310	536
	Wintertarwestro	18	7,33	0,74	3,09	1,33	0,90	1,32	2,58	356	167	523	188	121	67	54
	Winterroggestro	25	10,06	0,78	3,66	1,38	0,97	1,90	2,91	438	198	636	240	164	76	88
	Zomerroggestro	30	12,44	1,89	3,86	1,38	1,71	2,07	2,27	531	196	727	336	225	110	115
Blad en loof	Haverstro	38	20,69	2,36	5,00	2,62	3,13	2,30	3,29	824	285	1109	539	370	169	201
	Erwtenstro	23	11,75	2,09	18,89	4,15	2,89	3,21	4,13	1197	336	1533	861	155	705	-550
	Akkerbonenstro	13	23,14	0,91	14,25	3,06	2,35	2,09	3,41	1181	263	1444	918	402	516	-114
	Aardappelen	59	22,76	1,12	1,00	1,87	1,31	2,47	6,39	648	369	1017	279	421	-142	562
	Suikerbieten	149	20,35	3,42	2,33	3,01	1,84	1,61	4,67	775	289	1065	486	450	35	415
Milliaequivalenten per kg droge stof.	Voederbieten	19	39,58	12,33	2,83	3,26	7,55	2,29	6,47	1501	544	2045	958	968	-11	979
	Knollen	32	36,37	7,88	8,49	2,96	4,06	8,96	10,18	1477	769	2245	708	688	20	669
	Suikerbietenblad	25	39,08	20,46	30,06	16,86	12,60	7,88	7,07	3399	851	4250	2548	938	1610	-672
	Voederbietenblad	18	47,09	29,82	16,34	14,62	24,51	8,61	9,97	3271	1328	4599	1943	1056	887	169
	Knollenloof	10	27,27	11,00	38,32	4,61	11,79	10,94	8,50	2530	965	3495	1565	328	1237	-908

1) Milliaequivalenten per kg droge stof.

2) Uit streken, waar beenbreekziekte dikwijls voorkomt.

TABEL 2. *Asanalyses, berekend op de zandvrije droge stof, ontleend aan F. Mach en R. Herrmann, Versuchsstationen 119 (1934) 1*

	Voedermiddel	Aantal monsters <sup>1)</sup>	Ruw eiwit (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cl (%)	SO <sub>4</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	BT <sup>2)</sup>	ZT <sup>2)</sup>	TT <sup>2)</sup>	VT = TA <sup>2)</sup>	AA <sup>2)</sup>	EA <sup>2)</sup>	VA <sup>2)</sup>
Grassen en grashooi	Groenvoer van hoogveenweiden	12	23,8	23,8	5,3	11,3	3,4	7,0	3,3	7,9	1248	614	1862	635	397	238	159
	Lolium perenne	4	9,84	26,0	7,2	7,4	2,6	8,1	4,6	7,0	1178	639	1817	538	441	97	344
	Avena flavescens	4	8,94	23,4	3,8	6,4	2,3	7,2	4,6	4,7	962	517	1479	445	302	144	158
	Dactylis glomerata	4	9,70	34,0	4,5	6,2	2,8	8,5	4,9	7,0	1223	658	1881	565	505	59	446
	Phleum pratense	4	7,34	22,8	3,3	6,2	2,8	6,1	3,5	4,3	951	441	1392	510	331	178	153
	Phalaris arundinacea	4	12,31	24,4	4,1	6,8	2,6	8,7	4,6	6,2	1022	622	1645	400	290	110	181
	Festuca rubra	4	9,97	24,3	3,4	6,5	2,4	7,2	3,4	6,3	977	554	1531	423	338	85	253
	Poa pratensis	4	11,22	21,2	2,2	7,5	2,5	6,6	4,0	6,0	913	540	1453	373	235	138	97
	Festuca pratensis	4	10,29	29,1	5,4	7,0	2,4	9,0	4,2	6,0	1161	612	1774	549	434	115	318
	Weidehooi	34	10,17	24,4	3,6	10,1	3,1	8,1	5,2	5,8	1149	604	1752	545	276	269	7
	Weidehooi 2e snede	5	15,05	35,2	3,9	13,7	5,1	8,7	5,0	9,2	1615	759	2374	856	503	353	150
Leguminosen- groenvoeder	Lucerne	12	18,35	31,3	11,3	21,3	4,2	14,0	7,2	7,0	1998	871	2868	1127	455	672	-218
	Rode klaver	5	17,76	27,6	8,7	24,1	7,9	12,9	3,8	6,1	2119	717	2835	1402	408	994	-586
Zaden	Gerst	14 (13)	10,93	7,0	0,8	0,9	2,3	1,3	0,7	9,6	321	460	781	-139	120	-259	380
	Haver	5 (4)	10,44	5,2	1,5	1,6	1,9	0,4	0,8	7,9	310	365	675	-55	128	-182	310
	Tarwe	8	12,17	6,0	1,5	1,5	3,0	0,4	1,2	8,3	378	392	770	-14	135	-148	283
	Akkerbonen e.a.	5	31,42	15,8	0,7	2,0	2,4	0,8	2,3	13,4	549	646	1195	-98	278	-376	654
	Erwten	8	25,20	13,6	0,9	1,2	2,4	0,9	2,9	10,2	480	529	1009	-49	220	-269	489
	Gerstestro	9 (8)	2,85	17,2	2,0	5,1	1,3	7,0	3,7	2,4	676	391	1068	285	140	145	-5
Stro en kaf	Haverstro	9 (8)	3,10	23,6	4,8	5,6	1,6	8,8	3,0	3,4	935	467	1402	468	333	135	197
	Roggestro	14	2,91	11,3	1,2	4,2	1,3	2,1	2,8	2,8	493	248	741	246	150	96	54
	Tarwestro	15	2,54	11,0	1,3	3,6	1,4	3,0	3,4	1,9	473	250	723	224	106	118	-12
	Paarde- en Akkerbonenstro	4	7,57	14,0	3,7	20,7	2,2	3,9	2,5	3,1	1264	303	1568	961	244	717	-472
	Erwtenstro	6	8,36	14,5	2,7	25,3	3,7	7,8	4,3	2,5	1481	433	1914	1048	68	980	-913
Knollen	Tarwekaf	6	5,02	6,9	1,6	3,4	1,7	1,2	3,2	3,7	404	270	674	134	84	49	35
	Aardappelen	10	7,38	26,0	1,5	0,8	2,1	2,4	2,5	5,1	733	346	1079	388	471	-83	553

<sup>1)</sup> Alleen voor het eiwit ontbraken enkele analyses. Het aantal monsters, dat in verband daarmee voor het berekenen van het eiwitgemiddelde werd gebruikt, is tussen haakjes aangegeven.

<sup>2)</sup> Milliaequivalenten per kg zandvrije droge stof.

TABEL 3. *Asanalyses, berekend op de droge stof, van gras, gemaaid voor kooiwinning (cijfermateriaal van het Centraal Veevoederbureau)*

No	Landbouwer	Plaats	Provincie	Grondsoort	Rauw eiwit (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cl (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	BT <sup>1)</sup>	EA <sup>2)</sup>
<b>Proefjaar 1931</b>													
1	S. C.	Tietjerk	F.	oude zandgrond	17,8	28,3	4,4	10,4	4,2	6,8	10,4	1322	140
3	Wed. E.	Ell	L.	oude zandgrond	11,5	32,5	0,8	6,7	2,2	9,6	7,7	1064	23
8	J. K.	Maarheeze	N.B.	oude zandgrond	10,4	32,1	1,0	6,4	2,1	15,2	6,4	1047	62
17	K. S.	De Wijk	D.	oude zandgrond	10,0	25,3	1,5	4,3	3,5	8,0	5,4	913	99
6	T. W.	Giekerk	F.	laagveen	12,0	18,3	4,6	7,9	3,3	14,1	7,7	983	120
7	J. D.	Rouwveen	O.	laagveen	14,1	23,3	6,8	8,8	3,7	19,7	7,7	1212	172
9	S. J.	Krommenie	N.H.	laagveen	13,5	23,2	7,0	5,3	3,8	19,4	8,0	1096	40
16	Gebr. M.	Gieten	D.	laagveen	12,5	29,1	1,3	7,8	3,1	8,0	7,3	1092	124
2	Mevr. v. d. B.	Schiedam	Z.H.	oude rivierklei	12,9	31,4	2,5	7,5	3,1	9,1	8,0	1169	83
10	Gebr. W.	Zuiphen	Ge.	jonge rivierklei	10,2	27,7	3,1	6,9	3,0	9,5	4,8	1083	192
11	Jean K.	Ool	L.	jonge rivierklei	8,6	16,1	5,2	10,3	3,2	4,4	5,5	1036	294
13	B. v. d. H.	Vrijhoeve-Kapelle	N.B.	oude rivierklei	9,5	19,3	3,8	11,8	4,0	7,2	4,4	1152	433
14	de V. v. S.	Herculo	O.	jonge rivierklei	9,6	28,1	1,9	9,8	3,2	6,0	3,6	1166	356
4	H. J. S.	Wijngaard	F.	oude zeeklei	13,6	34,2	2,1	11,2	4,7	8,3	7,3	1427	324
5	R. S.	Kampereiland	O.	jonge zeeklei	11,4	26,1	3,1	8,0	3,7	8,0	5,7	1123	228
15	A. K.	Kampereiland	O.	jonge zeeklei	8,9	23,9	2,1	7,6	2,7	7,5	5,3	980	181
18	W. de B.	Meliskerke	Z.	oude zeeklei	8,7	22,3	3,6	4,2	1,6	10,5	5,9	819	-20
19	J. K.	Beemster	N.H.	oude zeeklei	11,8	41,0	1,8	8,6	2,9	18,1	7,3	1379	142
12	Jos. S.	Voerendaal	L.	löss	7,9	26,1	1,8	9,5	2,4	10,8	5,3	1070	234
<b>Proefjaar 1932</b>													
7	W. J.	Schagerbrug	N.H.	zeezand	12,8	34,0	4,4	8,7	3,1	17,4	8,1	1328	122
15	J. B.	Almelo	O.	oude zandgrond	9,3	24,0	2,7	6,1	2,4	12,1	6,1	933	79
16	N. C. B. Proefb.	Boxtel	N.B.	zandgrond	8,7	21,2	3,7	6,7	2,1	11,8	6,1	913	85
22	J. W. N.	Groenlo	Ge.	oude zandgrond	10,8	20,9	3,0	10,7	3,0	7,8	6,9	1071	239
24	L. T.	Horst	L.	zandgrond	10,7	24,5	3,2	11,9	2,9	13,1	7,7	1192	243
12	W. F. B.	Onnen	Gr.	laagveen	9,5	23,6	2,5	7,0	2,6	10,5	7,7	961	53
14	K. D.	Norg	D.	veengrond	8,7	28,2	2,2	4,8	2,7	12,5	6,6	975	26
18	J. B.	Dwingelo	D.	laagveen	8,9	22,5	2,4	7,3	2,1	10,9	6,8	920	77
3	J. v. D.	Loenen a. d. Vecht	U.	oude rivierklei	11,0	33,0	2,8	7,0	2,8	15,0	7,7	1180	63
4	P. S.	Giessen-Oudekerk	Z.H.	oude rivierklei	9,9	21,0	5,5	8,3	3,6	10,6	7,1	1098	175
17	N. L.	Zegveld	U.	oude rivierklei	9,6	22,0	4,2	8,4	3,1	11,2	6,5	1056	179
20	C. A. v. O.	Maurik	Ge.	oude rivierklei	11,0	31,2	2,7	9,8	3,6	13,9	6,8	1278	241
23	G. Z.	Bodegraven	Z.H.	oude rivierklei	10,6	27,6	5,5	8,0	4,0	15,8	6,2	1247	222
1	H. J. S.	Wijngaard	F.	oude zeeklei	12,1	31,7	2,0	9,1	3,0	11,3	7,5	1211	156
2	S. J. M.	Haskerdijken	F.	oude zeeklei	12,3	34,0	2,1	6,7	3,2	14,6	8,8	1188	26
					11,9	30,9	4,7	5,4	3,1	6,9	5,5	924	191

°	W. v. u. v.	Deelnemers	N.B.	oude zeeklei	13,0	33,2	3,2	14,5	6,6	1289	194
10	J. K.	Serooskerke (S.)	Z.	oude zeeklei	11,4	22,1	3,3	20,1	7,1	1213	121
11	C. L.	Nieuw-Helvoet	Z.H.	jonge zeeklei	9,8	30,2	2,2	11,5	6,4	1182	170
19	W. M.	Serooskerke (Z.B.)	Z.	oude zeeklei	10,4	33,0	3,3	10,7	6,3	1244	190
21	D. M.	Moerdijk	N.B.	oude zeeklei	10,7	26,6	3,6	12,3	5,2	1354	405
9	H. R.	Gulpen	L.	löss	8,6	26,7	4,3	7,8	6,3	1118	146
13	L. V.	Bocholtz	L.	löss	9,4	30,5	2,2	16,2	6,2	1108	115
Proefjaar 1933											
2	A. v. d. V.	Zeeland	N.B.	oude zandgrond	11,1	25,3	4,0	12,7	7,2	1123	152
4	A. L.	Wagenvoort Harfsen	Ge.	zandgrond	12,0	34,9	2,0	13,4	7,6	1214	87
6	E. v. E.	Woudenberg	U.	oude zandgrond	14,3	37,5	3,3	11,2	7,4	1302	86
7	J. v. N.	Lisse	Z.H.	zeezand	13,3	31,2	4,4	13,2	7,4	1347	230
9	G. G.	Marum	Gr.	oudere zandgrond	10,2	30,0	2,2	9,8	6,9	1121	121
10	H. K.	Raalte	O.	oudere zandgrond	10,6	24,5	1,9	7,8	5,9	999	168
15	A. A. S.	Zeijerveld	D.	zandgrond	10,5	33,4	1,9	7,9	7,3	1196	117
3	H. v. D.	Giethoorn	O.	laagveen	12,8	20,1	6,1	9,2	7,1	1180	256
8	J. H. S.	Ouder Amstel	N.H.	laagveen	13,4	32,5	5,0	8,4	7,8	1360	178
11	R. F. de B.	Woudsend	F.	laagveen	9,6	25,1	4,0	6,8	6,4	1088	156
12	Joh. M.	Gieten	D.	laagveen	9,9	22,1	4,5	9,4	6,6	1133	240
17	W. B.	Onnen	Gr.	laagveen	12,1	23,9	4,2	8,9	6,8	1139	209
1	P. S.	Glessen-Oudekerk	Z.H.	oude rivierklei	11,4	19,5	6,1	7,4	5,7	1068	217
16	J. W.	Elst (De Klomp)	Ge.	oude rivierklei	9,9	29,1	2,9	8,0	6,3	1171	193
18	J. R.	Swalmen	L.	jonge rivierklei	8,8	13,0	3,7	8,0	4,9	830	227
21	P. L. K.	Almkerk	N.B.	rivier- of zeeklei	9,4	28,6	3,3	11,2	4,9	1257	336
5	A. G.	Worrum	F.	oude zeeklei	9,5	27,0	3,2	10,9	5,9	1031	134
13	J. v. D.	Poortvliet	Z.	oude zeeklei	9,9	27,0	4,6	3,2	5,7	1063	100
14	Wed. de J.	Wijde Wormer	N.H.	zeeklei	11,8	38,9	3,3	19,1	7,1	1450	218
19	H. S.	Vijlen	L.	löss	9,1	22,7	1,8	9,3	4,7	1016	277
20	J. H.	Gulpen	L.	löss	7,9	22,2	1,7	6,9	4,8	872	142
Gemiddelde over het jaar 1931											
					11,31	26,75	3,07	10,54	6,51	1112	170
Gemiddelde over het jaar 1932											
					10,55	27,62	3,62	13,08	6,86	1139	146
Gemiddelde over het jaar 1933											
					10,83	27,07	3,49	11,90	6,40	1141	183
Gemiddelde over alle drie jaren											
					10,90	27,15	3,39	11,84	6,59	1131	166

1) Milliaequivalenten per kg droge stof.

TABEL 4. *Asanalysen, berekend op de droge stof, van hooi zoals het uit de hooiberg kwam (cijfermateriaal van het Centraal Veevoederbureau) Proefjaar 1933*

No <sup>1)</sup>	Landbouwer	Ruw eiwit (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cl (%)	SO <sub>3</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	BT <sup>2)</sup>	ZT <sup>2)</sup>	TT <sup>2)</sup>	VT = TA <sup>2)</sup>	AA <sup>2)</sup>	EA <sup>2)</sup>	VA <sup>2)</sup>
2	A. v. d. V.	9,9	22,3	4,1	7,7	3,2	10,6	4,6	6,5	1039	689	1728	351	192	159	33
4	A. L.	9,6	24,7	3,3	7,2	3,0	11,5	5,2	6,5	1037	729	1766	308	177	131	46
7	J. v. N.	11,6	21,0	3,9	8,7	3,5	9,1	5,8	6,3	1056	668	1724	388	170	218	- 48
9	G. G.	8,9	18,7	1,7	5,9	2,8	6,4	4,7	5,7	801	539	1340	263	154	109	46
15	A. A. S.	9,8	29,3	2,1	6,9	3,1	12,3	6,4	6,9	1090	799	1889	292	183	108	75
3	H. v. D.	12,0	19,2	6,2	9,1	4,8	12,7	5,1	6,8	1171	773	1944	398	122	275	-153
8	J. H. S.	11,8	20,4	3,5	8,0	4,0	11,2	6,0	7,0	1030	762	1792	268	80	188	-108
11	R. F. de B.	9,6	20,7	3,0	5,3	2,9	13,2	5,5	5,9	869	759	1629	110	27	84	- 57
17	W. B.	10,5	20,8	3,2	8,0	3,3	11,4	6,5	6,7	994	767	1761	227	61	166	-105
1	P. S.	10,6	16,8	5,8	6,5	5,1	7,4	4,7	5,8	1029	571	1600	458	218	240	- 22
16	J. W.	10,4	27,1	3,9	10,9	5,0	7,4	7,8	6,4	1338	674	2013	664	298	366	- 69
5	A. G.	8,1	23,2	2,7	6,1	3,6	9,8	4,9	5,0	976	610	1586	366	181	185	- 4
13	J. v. D.	9,4	21,8	3,8	4,7	2,9	11,9	5,6	4,9	897	683	1580	214	110	104	6
19	H. S.	8,4	22,3	4,8	9,1	3,0	9,7	7,1	4,2	1102	629	1731	473	178	296	-118
20	J. H.	7,0	20,4	1,9	7,1	2,1	5,4	6,1	4,2	852	482	1334	370	190	180	10
Gemiddeld		9,84	21,91	3,59	7,41	3,49	10,00	5,73	5,92	1019	676	1694	343	156	187	- 31

<sup>1)</sup> De nummers komen overeen met die in tabel 3, proefjaar 1933. Het hooi, betrekking hebbende op de ontbrekende nummers, werd niet bemonsterd.

<sup>2)</sup> Milliaequivalenten per kg droge stof.



TABEL 5. *Vergelijking van de minerale samenstelling der droge stof van gras, gemaaid voor hooiwinning, en het daaruit gewonnen hooi, zoals het werd gevoederd*

	Ruw eiwit (%)	K <sub>2</sub> O (%/oo)	Na <sub>2</sub> O (%/oo)	CaO (%/oo)	MgO (%/oo)	Cl (%/oo)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%/oo)	BT <sup>1)</sup>	EA <sup>1)</sup>
1931; 19 monsters gras	11,31	26,75	3,07	8,05	3,18	10,54	6,51	1112	170
1931; 19 monsters hooi	10,47	24,30	2,96	6,90	2,86	9,73	6,08	1000	131
1932; 22 monsters gras	10,69	27,84	3,64	8,14	3,01	13,14	6,85	1149	150
1932; 22 monsters hooi	10,66	27,01	3,90	8,40	3,25	12,38	6,84	1160	172
1933; 15 monsters gras	10,85	26,93	3,55	7,73	3,43	11,93	6,51	1132	171
1933; 15 monsters hooi	9,84	21,91	3,59	7,41	3,49	10,00	5,92	1019	187
Gras, gemiddeld over drie jaren	10,95	27,17	3,42	7,97	3,21	11,87	6,62	1131	164
Hooi, gemiddeld over drie jaren	10,32	24,41	3,48	7,57	3,20	10,70	6,28	1060	163

<sup>1)</sup> Milliequivalenten per kg droge stof.

berekend op hun *som*, in een viergroothedendiagram (3, 4, 5, 8) uitgezet, bij het tweede zetten wij Ca, Mg en P uit in een driehoeksdiagram. Evenals bij het BT-diagram en ZT-diagram geven ook het AA- en EA-diagram slechts de onderlinge *verhoudingen* der gehalten weer. Voor de aardalkali-alkaliciteit EA was het echter mogelijk geweest de gehalten als zodanig (in milliequivalenten), berekend op de droge stof, op een driedimensionaal assenstelsel uit te zetten. De vlakken van gelijke EA kunnen in een daarop betrekking hebbende figuur gemakkelijk worden getekend. Bij de vier bestanddelen van AA kan men in beginsel een vierdimensionaal assenstelsel gebruiken; maar ons voorstellingsvermogen schiet te kort om ons hiervan een visueel beeld te vormen (3, 4, 8).

Wij zullen in hetgeen volgt derhalve gebruik maken van de volgende soorten diagrammen:

- BT-ZT-diagram of zuur-base-diagram,
- BT-diagram of basendiagram,
- ZT-diagram of zurendiagram,
- AA-EA-diagram of alkaliteitsdiagram,
- AA-diagram of alkali-alkaliteitsdiagram,
- EA-diagram of aardalkali-alkaliteitsdiagram.

Van de eerste vier werd in vroegere verhandelingen (3, 4, 5, 8, 9) reeds gebruik gemaakt, de laatste twee worden nieuw geïntroduceerd.

Bij het BT-diagram en het AA-diagram, die beide op vier grootheden betrekking hebben, kon een keus uit verschillende vormen van viergrootheden-diagrammen worden gedaan. Wij kozen hiervoor de vorm, welke in onze vroegere verhandelingen (3, 4, 5, 8) werd bestempeld met de naam tetraëder-diagram.

### 3. DIAGRAMMEN DER AFZONDERLIJKE VOEDERMIDDELEN

#### a. Het BT-ZT-diagram of zuur-base-diagram (fig. 1, 2, 3)

Bezien wij eerst de grafiek 1 (cijfermateriaal van WOLFF) en de grafiek 2 (cijfermateriaal van MACH en HERRMANN benevens de gemiddelde analyses van enkele bijproducten der oliebereiding), dan valt in de eerste plaats op, dat de punten weliswaar een grote spreiding vertonen, maar dat niettemin de beeldpunten van gelijksoortige voedermiddelen in elkaars nabijheid zijn gelegen.

Fig. 1. BT-ZT-diagram of zuur-base-diagram van enige voedermiddelen, naar gegevens (gemiddelde analyses), ontleend aan WOLFF, 1880 (36).

Horizontale as: ZT = Zuur-totaal (milliequivalenten per kg droge stof)

Verticale as: BT = Base-totaal (milliequivalenten per kg droge stof)

- Gras(sen) en hooi
- × Stro van granen
- + Zaden van granen
- Groenvoeder van leguminosen
- ◇ Stro van leguminosen
- Zaden van leguminosen
- △ Blad en loof van knol- en wortelgewassen
- ▲ Knollen en wortels
- = Bijproducten der oliebereiding

De letter bij sommige beeldpunten in enige der figuren komt telkens overeen met de eerste letter van de naam van het voedermiddel, waarop het beeldpunt betrekking heeft:

- △s Blad en loof van suikerbieten
- △v Blad en loof van voederbieten
- △k Blad en loof van knollen
- ▲a Aardappelen
- ▲s Suikerbieten
- ▲v Voederbieten
- ▲k Knollen

De in de diagrammen getekende ovals geven globaal de gebieden van de verschillende groepen van voedermiddelen aan.

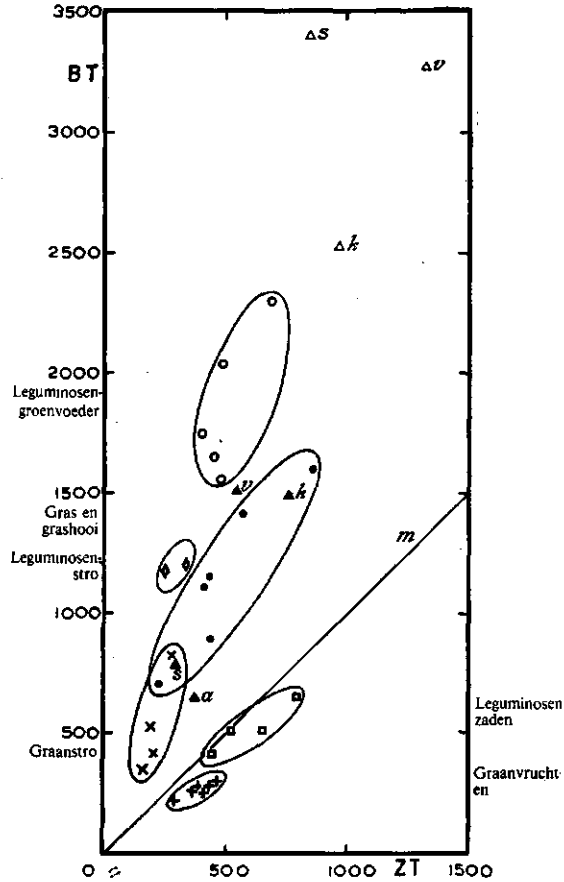
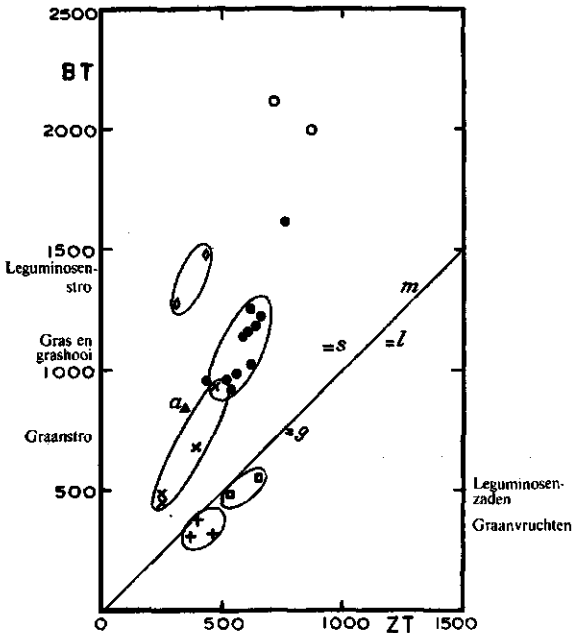


Fig. 2. BT-ZT-diagram of zuur-base-diagram van enige voedermiddelen, naar gegevens (gemiddelde analyses), ontleend aan MACH en HERRMANN, 1934 (23) en bovendien, voor enkele bijproducten der oliebereiding, ontleend aan MORRISON, 1949 (26).

Horizontale as: ZT = Zuur-totaal (milliequivalenten per kg droge stof)

Verticale as: BT = Base-totaal (milliequivalenten per kg droge stof)

Voor de verklaring der tekens zie fig. 1.

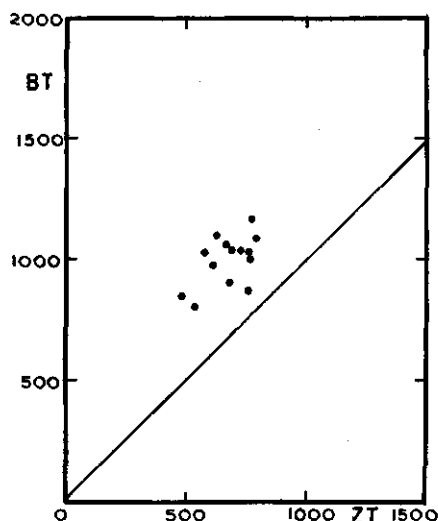


Fig. 3. *BT-ZT-diagram of zuur-base-diagram van Nederlands hooi*, naar analyses van afzonderlijke monsters hooi, dat bereid was uit gras van het jaar 1933; ontleend aan het onderzoek KOENRAADT (20).  
 Horizontale as: ZT = Zuur-totaal (milliequivalenten per kg droge stof)  
 Verticale as: BT = Base-totaal (milliequivalenten per kg droge stof)  
 De punten stellen de afzonderlijke hooimonsters voor.

Trekt men door de oorsprong een rechte  $m$ , die hoeken van  $45^\circ$  met de coördinaatassen maakt, dan blijkt, dat de groep der granen en die der peulvruchten alsook het lijnmeel en grondnotenmeel rechts onder deze rechte zijn gelegen; al de andere liggen er links boven. Dit wil zeggen, dat de eerste over het algemeen een zuur-overschot ( $ZT > BT$ ) bezitten, al de andere een base-overschot ( $BT > ZT$ ). Voorts ziet men, dat de afstand tot de bovenbedoelde rechte bij de granen, peulvruchten en bijproducten der oliebereiding slechts klein is, bij de overige voedermiddelen veel groter, hetgeen betekent, dat de zuur-overschotten van de granen, peulvruchten en bijproducten der oliebereiding veel kleiner zijn dan de base-overschotten der overige voedermiddelen. Sojameel (= s) echter neemt door zijn gering base-overschot een ietwat afwijkende positie in; maar het beeldpunt ligt niettemin dicht bij die van lijnmeel en grondnotenmeel.

Zeer opvallend is het, dat de beeldpunten, die op één groep van voedermiddelen betrekking hebben, in het algemeen in een langwerpig veld gerangschikt zijn, waarvan de lengterichting naar de oorsprong wijst. Om dit goed te doen uitkomen, zijn de velden, waarin de verschillende groepen van voedermiddelen liggen, door ovalen omgeven. Hieruit blijkt, dat BT, ZT en hun som TT binnen de groepen sterk kunnen variëren, maar dat de verhouding  $BT/ZT$  vrijwel constant blijft of althans veel minder sterk schommelt. Deze grootheid varieert blijkbaar binnen de groepen aanmerkelijk minder dan het base-overschot  $VT = BT - ZT$ , dat evenredig is met de afstand tot de bovengenoemde rechte  $m$ . M.a.w., binnen de groepen is dooreengenomen het base-overschot of zuur-overschot het grootst in de monsters, die de hoogste gehalten aan minerale bestanddelen (d.w.z. TT) bezitten. Het wil ons voorkomen, dat dit alles verklaard kan worden door aan te nemen, dat (wederom binnen de groepen) TT vooral bepaald wordt door de hoeveelheid inert materiaal (celwanden, zetmeel e.a.). Daarnaast heeft de bemesting natuurlijk eveneens invloed; bovendien kunnen door deze laatste vermoedelijk ook wel variaties in het quotient  $BT/ZT$  teweeggebracht worden.

Wij bevelen de grafieken ter verdere bestudering aan de lezer aan, maar wensen in het bijzonder de aandacht te vestigen op de niet omlijnde groep der

wortel- en knolgewassen en hunne bladeren. Hun beeldpunten liggen alle nabij een (niet getekende) rechte, die naar de oorsprong is gericht. Het quotiënt BT/ZT is dus vrijwel onafhankelijk van TT. Deze laatste echter vertoont enorme verschillen en hetzelfde is dan ook het geval met BT en ZT. Aardappelen ( $\blacktriangle a$ ) en suikerbieten ( $\blacktriangle s$ ) met hun grote voorraad reservemateriaal hebben TT-waarden, die met die der peulvruchten overeenkomen en zij hebben base-overschotten, welke niet of nauwelijks groter zijn dan die van het graanstro. Bij de knollen ( $\blacktriangle k$ ) en voederbieten ( $\blacktriangle v$ ) zijn BT, ZT, VT en TT aanzienlijk veel groter, terwijl zij bij suikerbietenloof ( $\triangle s$ ), voederbietenloof ( $\triangle v$ ) en knollenloof ( $\triangle k$ ) de allerhoogste waarden bereiken, welke in de grafieken zijn geregistreerd. Een nadere studie omtrent de mineraalstofwisseling en het zuur-base-evenwicht bij voeding met grote hoeveelheden van dit materiaal en omtrent de wijze, waarop het oxaalzuur hierbij ingrijpt, lijkt alleszins gerechtvaardigd.

Wat tenslotte het hooi uit het onderzoek KOENRAADT betreft, kan uit fig. 3 worden afgelezen, dat de strooiing hier vrij groot is. De ligging van het centrum van het puntenveld komt vrijwel met die van gras en grashooi bij MACH en HERRMANN (fig. 2) overeen, echter met dit verschil, dat het base-overschot VT bij het Nederlandse materiaal over het algemeen wat kleiner is.

#### *b. Het BT-diagram of basendiagram (fig. 4, 5, 6)*

Zoals gezegd heeft dit diagram betrekking op de onderlinge verhouding der basen, uitgedrukt in procentgetallen, d.w.z. procenten van hun som BT.

Blijkens de verticale projectie in het BT-diagram van fig. 4 (materiaal van WOLFF) zijn de natriumprocentgetallen over het algemeen zeer laag, behalve bij suiker- en voederbieten ( $\blacktriangle s$  en  $\blacktriangle v$ ) en het daarvan afkomstige blad ( $\triangle s$  en  $\triangle v$ ), die alle betrekkelijk rijk aan Na zijn. Het procentgetal bedraagt hier gemiddeld ruim 20. Niettemin groeperen de bieten en het blad zich op verschillende plaatsen. De bieten zijn betrekkelijk rijk aan K, de bladeren zijn er betrekkelijk arm aan. Voorts zijn de procentgetallen voor de som van Ca en Mg bij het loof aanmerkelijk groter dan bij de bieten.

Wat de overige beeldpunten in de verticale projectie betreft, hebben de zaden der peulvruchten de grootste kaliumprocentgetallen, het leguminosengroenvoer en het leguminosenstro de laagste. Daar tussen in liggen het gras en hooi, de granen en het graanstro, waarvan de gebieden elkaar sterk overlappen.

Ook in de horizontale projectie is er een groot verschil tussen de peulvruchten enerzijds en het leguminosengroenvoer en -stro anderzijds. De eerste zijn betrekkelijk arm aan Ca, de laatste zijn er rijk aan. Voorts komen de vegetatieve delen der gramineeën, d.w.z. gras, hooi en stro, ook hier bij elkaar te liggen. In tegenstelling met hetgeen wij in de verticale projectie hebben gezien, liggen de granen daar thans een heel eind van verwijderd; hun procentgetallen voor Mg zijn zeer veel groter en die voor Ca zeer veel kleiner dan die der andere.

Vergelijkt men de zoëven genoemde fig. 4 met fig. 5, waarin het nieuwere cijfermateriaal van MACH en HERRMANN is verwerkt, dan ziet men in beginsel hetzelfde beeld. Echter is er dit verschil, dat bijna alle natriumprocentgetallen hier ongeveer twee maal zo hoog zijn. Het is nauwelijks denkbaar, dat de natriumgehalten der voedermiddelen in de loop der jaren zò sterk zijn gestegen. Veeleer moeten wij aannemen, dat de bepalingen der oudere onderzoekers onjuist zijn geweest, doordat er natriumverliezen bij zijn opgetreden. Wil men deze oude analyses nog gebruiken, dan dient men daar rekening mee te houden door

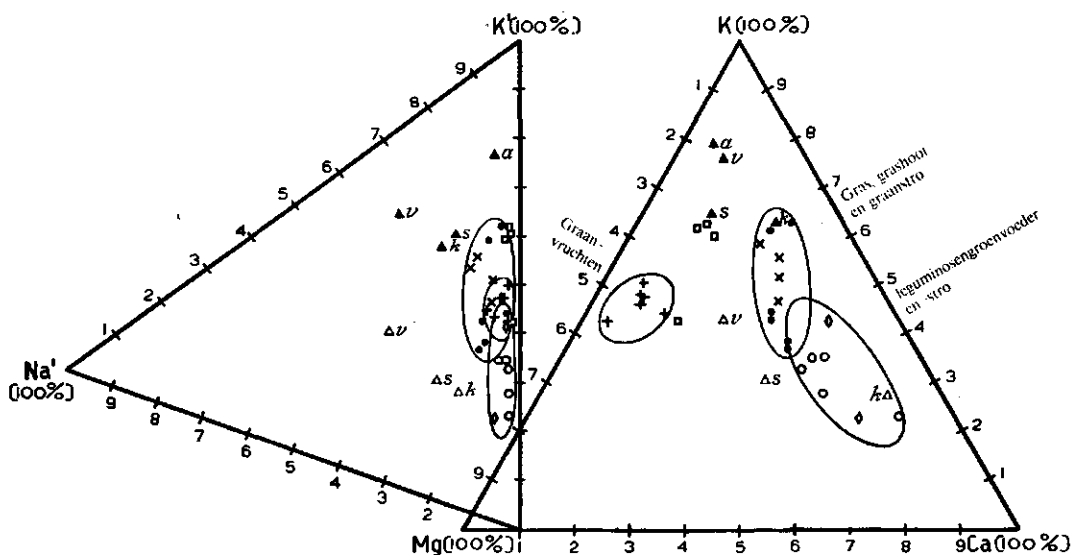


Fig. 4. BT-diagram of basendiagram van enige voedermiddelen, naar gegevens (gemiddelde analyses), ontleend aan WOLFF, 1880 (36).

De beeldpunten zijn uitgezet gedacht in een tetraëder; de linkse driehoek stelt de verticale projectie voor, de rechtse driehoek vormt de horizontale projectie, de laatste verkregen door centrale projectie uit de top Na (zie BROUWER, 3, 4, 8).

In de verticale projectie worden de procentgetallen Na en K afgelezen, d.w.z. de milliaequivalenten Na en K, uitgedrukt als percentages van BT.

In de horizontale projectie worden de milliaequivalenten K, Ca en Mg afgelezen als percentages van hun som ( $K+Ca+Mg$ ). Wil men ze leren kennen als procentgetallen van BT, dan moet men de afgelezen percentages K, Ca en Mg vermenigvuldigen met  $\frac{100-Na}{100}$ , waarin Na het procentgetal Na uit de verticale projectie voorstelt.

Voor de verklaring der tekens zie fig. 1.

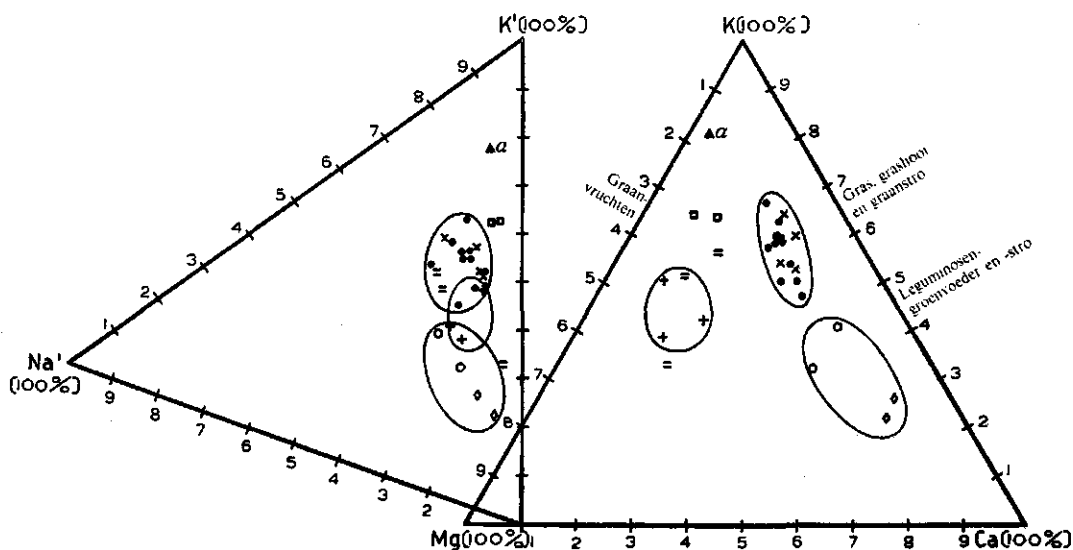


Fig. 5. BT-diagram of basendiagram van enige voedermiddelen, naar gegevens (gemiddelde analyses), ontleend aan MACH en HERRMANN, 1934 (23) en bovendien, voor enkele bijproducten der oliebereiding, ontleend aan MORRISON, 1949 (26).

Voor de verklaring van de inrichting van het diagram zie fig. 4.

Voor de verklaring der tekens zie fig. 1.

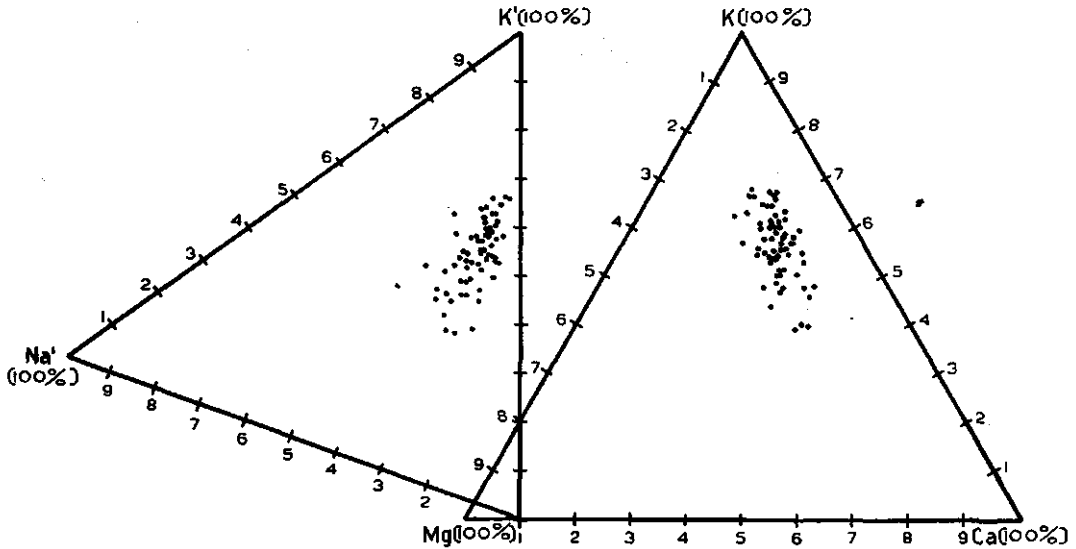


Fig. 6. BT-diagram of basendiagram van Nederlands gras, gemaaid voor hooiwinning, naar analyses van afzonderlijke grasmonsters uit de jaren 1931, 1932 en 1933, ontleend aan het onderzoek KOENRAADT (20).

Voor de verklaring van de inrichting van het diagram zie fig. 4.

De punten stellen de afzonderlijke monsters van het voor hooiwinning gemaaid gras voor.

de natriumgehalten weg te laten of desnoods op passende wijze te corrigeren.

Ook de beeldpunten der eiwitrijke krachtvoerders (cijfermateriaal uit MORRISON) zijn in fig. 5 getekend. Zij hebben een plaats gekregen in en nabij het gebied van de zaden der granen.

In fig. 6 zijn de beeldpunten van het voor hooiwinning bestemde gras uit het onderzoek KOENRAADT weergegeven, betreffende de jaren 1931, 1932 en 1933.

Uit de figuur blijkt duidelijk de aanzienlijke spreiding der procentgetallen en wel in de eerste plaats die van het K-procentgetal. Ook de Na-procentgetallen lopen sterk uiteen, nl. ongeveer van 3 tot 25.

Uit de richting van de puntenzwerm valt af te leiden, dat bij toenemende K-procentgetallen het Na-procentgetal relatief sterker daalt dan het Ca- of Mg-procentgetal. De K-Na-concurrentie treedt dus ook hier aan de dag.

Beziet men de horizontale projectie, dan blijkt gemakkelijk, dat bij toenemende K-procentgetallen het Ca in sterkere mate daalt dan het Mg. De lengte-as van de puntenzwerm snijdt de driehoekszijde  $KMg$  nl. links van het hoekpunt  $K$ .

Opgemerkt dient nog te worden, dat ons bij berekening bleek, dat de jaargemiddelden der procentgetallen (1931, 1932, 1933) betrekkelijk weinig uiteenlopen. Van jaar tot jaar was er dus een zekere stabiliteit.

Ten slotte vestigen wij er nog de aandacht op, dat het in fig. 6 weergegeven gebied ongeveer overeenkomt met de hooigebieden van WOLFF (fig. 4) en van MACH en HERRMANN (fig. 5), echter met deze restrictie, dat dit voor het materiaal van WOLFF in de verticale projectie niet geheel opgaat in verband met de lage Na-waarden in diens cijfermateriaal, waarover hiervóór het nodige reeds is gezegd.

c. Het ZT-diagram of zurendiagram (fig. 7)

Het ZT-diagram van fig. 7 geeft een beeld van de drie zuurvormende elementen P, Cl en S. Het cijfermateriaal van WOLFF zowel als dat van MACH en HERRMANN, dat van KOENRAADT (hooi 1933) en dat der eiwitrijke krachtvoerders (MORRISON) zijn hier in één grafiek verenigd.

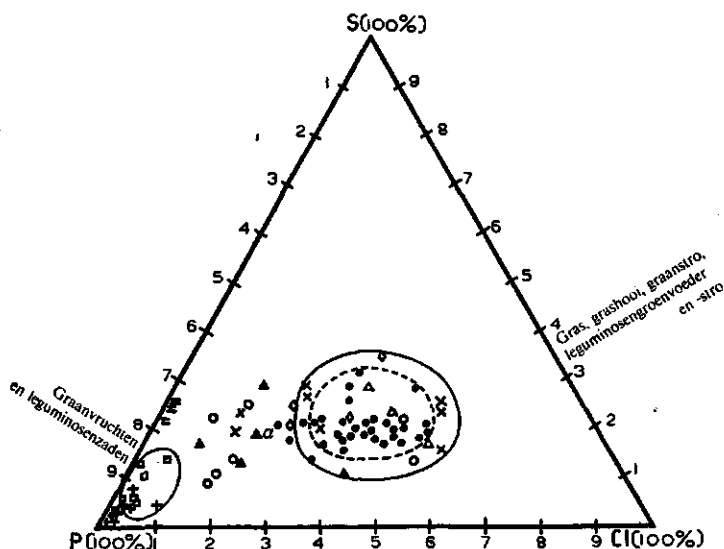


Fig. 7. ZT-diagram of zurendiagram van enige voedermiddelen, naar gegevens, ontleend aan WOLFF (gemiddelde analyses), 1880 (36), aan MACH en HERRMANN (gemiddelde analyses), 1934 (23), aan het onderzoek KOENRAADT (analyses van afzonderlijke hooimonsters uit het jaar 1933) (20) en aan MORRISON (gemiddelde analyses van enkele bijproducten der oliebereiding), 1949 (26). In dit diagram worden de procentgetallen P, Cl en S afgelezen, d.w.z. de milliaequivalenten P, Cl en S, uitgedrukt als percentages van hun som ZT.

Voor de verklaring der tekens zie fig. 1.

De grootste spreiding zien wij bij de procentgetallen van het P. Zij bezitten een waarde van  $\pm 90$  bij de granen en peulvruchten; daarentegen is het bij enige strosoorten van MACH en HERRMANN (gerstestro en erwtenstro) maar 25. Over het algemeen zijn de procentgetallen van het P bij het cijfermateriaal van WOLFF aanmerkelijk hoger en die van het Cl en S aanmerkelijk lager dan bij het materiaal van MACH en HERRMANN. De vijf beeldpunten vlak bij het hoekpunt P b.v. hebben alle betrekking op de zaden van granen en peulvruchten in de tabellen van WOLFF. Zeer duidelijk ook komt het verschil naar voren bij het leguminosengroenvoeder. Bij het materiaal van WOLFF liggen de procentgetallen voor het P alle vijf tussen 61 en 76, terwijl lucerne en rode klaver bij het materiaal van MACH en HERRMANN met de cijfers 34 en 36 voor de dag komen. Vergelijkt men de percentages in de droge stof met elkaar, dan blijken niettemin de phosphorgehalten niet veel te verschillen. Daarentegen zijn de chloorgehalten bij WOLFF aanmerkelijk lager dan bij MACH en HERRMANN. Wij menen daarom, dat de chloor-cijfers in WOLFF's tabellen te laag liggen en vermoedelijk geldt dit ook voor de zwavel. De cijfers van WOLFF zijn daarom niet in aanmerking genomen bij het afbakenen van de gebieden in fig. 7. Dit heeft gemaakt, dat slechts twee ovals met voluit getrokken lijn in deze grafieken konden worden.

getekend. De eerste, gelegen bij het hoekpunt *P*, omvat de zaden van granen en peulvruchten, de tweede omvat het gezamenlijke gebied van het gras, het gras-hooi, het leguminosengroenvoer en het leguminosenstro. In dit laatste ovaal is nog een kleiner gebied met een onderbroken lijn aangegeven. Hierin vallen de beeldpunten van nagenoeg alle monsters van het hooi 1933 uit het onderzoek KOENRAADT.

De beeldpunten tussen de twee voluit getrokken ovalen hebben vrijwel alle betrekking op monsters uit de tabellen van WOLFF, zodat wij deze zonder commentaar laten. Slechts zij vermeld, dat ook de aardappelen ( $\Delta a$ ) uit de tabellen van MACH en HERRMANN hier een plaats vinden.

Tenslotte vestigen wij nog de aandacht op de bijproducten der oliebereiding (materiaal MORRISON). Hun Cl-procentgetallen zijn al even klein als die van de zaden der granen en peulvruchten. Een hoge waarde hebben ook hier de P-procentgetallen; maar toch zijn zij iets kleiner dan die der genoemde zaden, omdat de S-procentgetallen iets minder laag liggen.

#### *d. Het AA-EA-diagram of alkaliteitsdiagram (fig. 8, 9, 10)*

Ook in dit diagram komt de groepering van de verschillende klassen van voedermiddelen in bepaalde gebieden duidelijk tot uiting. Tevens valt er een vrij goede overeenstemming waar te nemen tussen de puntenvelden, afgeleid van het door WOLFF verzamelde cijfermateriaal (fig. 8), en van dat, ontleend aan de analyses van MACH en HERRMANN (fig. 9). De hooimonsters van KOENRAADT echter (fig. 10) vertonen een iets afwijkende positie t.o.v. het gras- en hooigebied in de zoëven genoemde figuren 8 en 9. Dit wordt in hoofdzaak veroorzaakt door de AA, die bij de hooimonsters van KOENRAADT duidelijk lager is, zodat de beeldpunten verschoven zijn tot in het graanstrogebied der beide andere alkaliteitsdiagrammen. Het puntenveld van KOENRAADT's materiaal nadert dicht tot de scheve lijn, waarvoor het base-overschot  $TA = VT = 0$ . Dat dit materiaal slechts een gering base-overschot bezit, volgt ook uit fig. 3. Blijkens deze figuur is de BT bij het materiaal van KOENRAADT dooreengenomen iets kleiner en de ZT iets groter dan bij het materiaal der andere schrijvers.

Ondanks het feit, dat de analyses van WOLFF en van MACH en HERRMANN, zoals zij door ons werden gebruikt, de gemiddelden van volledige analyses van tenminste vier afzonderlijke monsters weergeven, treedt er bij de gras- en hooimonsters nog een aanzienlijke variatie op. Deze spreiding moet in verband gebracht worden met factoren zoals grondsoort, bemesting, botanische samenstelling, groeistadium, klimaat, meer of minder gunstig hooiweer e.a. Hoe groot de invloed van elk dezer factoren is, valt zonder meer niet te zeggen.

Evenals het graanstro in de diagrammen 8 en 9 dooreengenomen lagere AA-waarden te zien geeft dan het gras en hooi, zo vertonen bij de leguminosen het erwten- en bonenstro over het algemeen ook lagere AA-waarden dan de groenvoeders uit deze groep. Vooral in het diagram van het cijfermateriaal van MACH en HERRMANN komt dit duidelijk tot uiting. Hoewel de AA-waarden van de leguminosengroenvoeders niet veel verschillen van die van het gras en hooi en voorts de AA-waarden van het leguminosenstro ongeveer overeenkomen met die van het graanstro, groeperen deze leguminosenvoeders zich toch in een geheel ander gebied van de diagrammen dan de genoemde gramineeënvoeders, doordat de eerste een veel hogere EA bezitten dan de laatste.

Wat de zaden der granen en peulvruchten betreft, zien wij ook in de AA-EA-



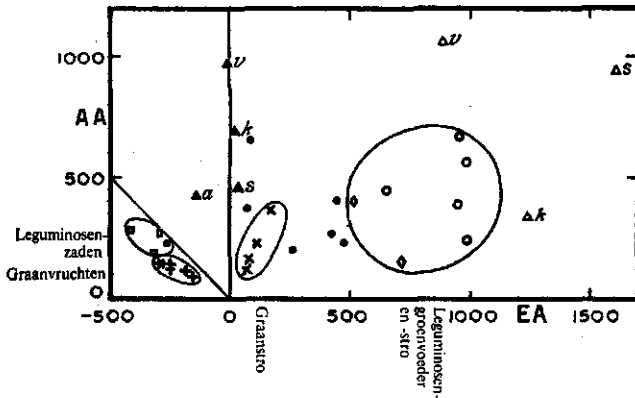


Fig. 8. AA-EA-diagram of alkaliteitsdiagram van enige voedermiddelen, naar gegevens (gemiddelde analyses), ontleend aan WOLFF, 1880 (36).

Horizontale as: EA = Aardalkali-alkaliteit (milliequivalenten per kg droge stof)

Verticale as: AA = Alkali-alkaliteit (milliequivalenten per kg droge stof)

Voor de verklaring der tekens zie fig. 1.

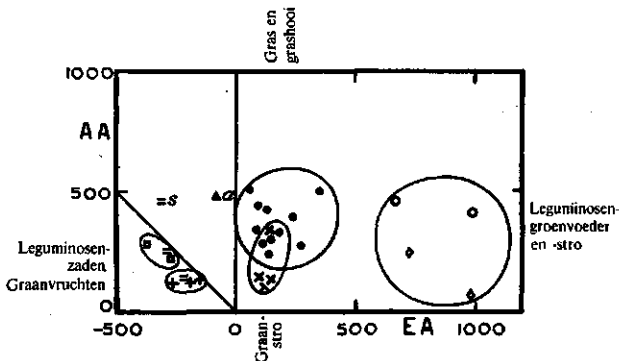


Fig. 9. AA-EA-diagram of alkaliteitsdiagram van enige voedermiddelen, naar gegevens (gemiddelde analyses), ontleend aan MACH en HERRMANN, 1934 (23) en bovendien, voor enkele bijproducten der oliebereiding, ontleend aan MORRISON, 1949 (26).

Horizontale as: EA = Aardalkali-alkaliteit (milliequivalenten per kg droge stof)

Verticale as: AA = Alkali-alkaliteit (milliequivalenten per kg droge stof)

Voor de verklaring der tekens zie fig. 1.

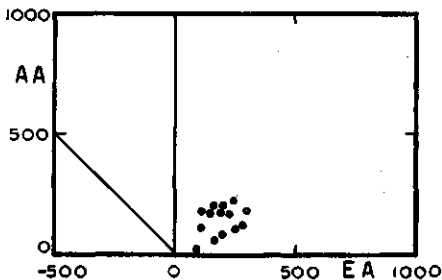


Fig. 10. AA-EA-diagram of alkaliteitsdiagram van Nederlands hooi, naar analyses van afzonderlijke hooimonsters uit het jaar 1933, ontleend aan het onderzoek KOENRAADT (20).

Horizontale as: EA = Aardalkali-alkaliteit (milliequivalenten per kg droge stof)

Verticale as: AA = Alkali-alkaliteit (milliequivalenten per kg droge stof)

De punten stellen de afzonderlijke hooimonsters voor.

diagrammen een opeenhoping der beeldpunten in twee afzonderlijke, vrij eng begrensde gebieden. Uit de ligging, even links onder de scheef verlopende lijnen blijkt ook hier, dat deze voedermiddelen een gering zuur-overschot bezitten. De eiwitrijke bijproducten der oliehoudende zaden (cijfermateriaal uit MORRISON) liggen eveneens in deze buurt, maar hun spreiding is wat groter. Sojameel (= s) toch neemt een iets afwijkende positie in door zijn grotere AA-waarde, waardoor het een gering base-overschot bezit, in tegenstelling met de beide andere, die een gering zuur-overschot bezitten.

De knol- en wortelgewassen (aardappelen, knollen, voeder- en suikerbieten) geven in fig. 8 (WOLFF) en fig. 9 (MACH en HERRMANN) hoge AA's te zien, terwijl de EA zeer laag of zelfs zwak negatief is. Wat het *loof* van deze groep betreft, valt het op, dat zowel de AA als de EA bij de voeder- en suikerbieten zeer hoog is. Dit heeft ten gevolge, dat ook het base-overschot ( $TA = VT$ ) zeer groot is, zoals trouwens ook blijkt uit de lange afstand van de desbetreffende beeldpunten tot de scheef verlopende lijn. Ook bij het knollenloof ( $\Delta k$ ) is het base-overschot zeer groot. Hier berust dit overwegend op de zeer grote EA, terwijl de AA slechts een matige waarde aanneemt. Daardoor ligt het beeldpunt van het knollenloof in de nabijheid van de punten der leguminosengroenvoeders.

#### *e. De AA-diagrammen of alkali-alkaliteitsdiagrammen (fig. 11, 12, 13)*

Ook deze diagrammen, betrekking hebbende op de elementen K, Na, Cl en S, tonen voor enkele groepen van voedermiddelen karakteristieke mineraal-verhoudingen, niettegenstaande de overeenstemming tussen de punten, ontleend aan het cijfermateriaal van WOLFF (fig. 11), en die, ontleend aan dat van MACH en HERRMANN (fig. 12), te wensen over laat. Alles wijst er ook hier op, dat er bij de oudere analyses niet onaanzienlijke verliezen aan Na en Cl hebben plaats gevonden, in het bijzonder bij de voedermiddelen met een zuur-overschot, d.w.z. de granen en de peulvruchten. Bij deze laatste hebben vermoedelijk ook zwavelverliezen plaats gevonden, zoals uit de vergelijking van de verticale projecties in fig. 11 en 12 volgt.

Bepalen wij ons daarom eerst tot de nieuwere analyses (fig. 12), dan blijkt wel, dat in de eiwitrijke krachtvoedermiddelen en in het bijzonder in lijnmeel, het zwavelprocentgetal aanzienlijk hoger ligt dan in de overige voedermiddelen. In deze laatste fluctueert het zwavelprocentgetal opmerkelijk weinig; bij bijna alle ligt het nl. tussen 5 en 15. Systematische verschillen tussen de groepen van voedermiddelen zijn er in deze figuur 12 bijna niet. Wij merken slechts op, dat het zwavelprocentgetal in de eiwitrijke leguminosenzaden iets groter schijnt te zijn dan in de eiwitarme granen, zoals ook kon worden verwacht.

Wenden wij ons thans tot de horizontale projecties in fig. 11, 12 en 13, dan valt in de eerste plaats op, dat in fig. 11, betrekking hebbende op het materiaal van WOLFF, de punten als het ware nagenoeg alle zijn verschoven in de richting van het hoekpunt *K*, vergeleken met die in fig. 12 (MACH en HERRMANN). De zoëven genoemde verliezen aan Na en Cl zijn daarvan de oorzaak.

Vergelijken wij thans de ligging der puntenvelden in elk der figuren afzonderlijk, dan ziet men, dat de liggingsverschillen in de eerste plaats toegeschreven moeten worden aan variaties van het kaliumprocentgetal. Bij de zaden der peulvruchten is dit getal zeer groot; duidelijk kleiner is het bij die der granen en nog kleiner bij de groenvoeders en de hooi- en strosoorten. Hier overlappen

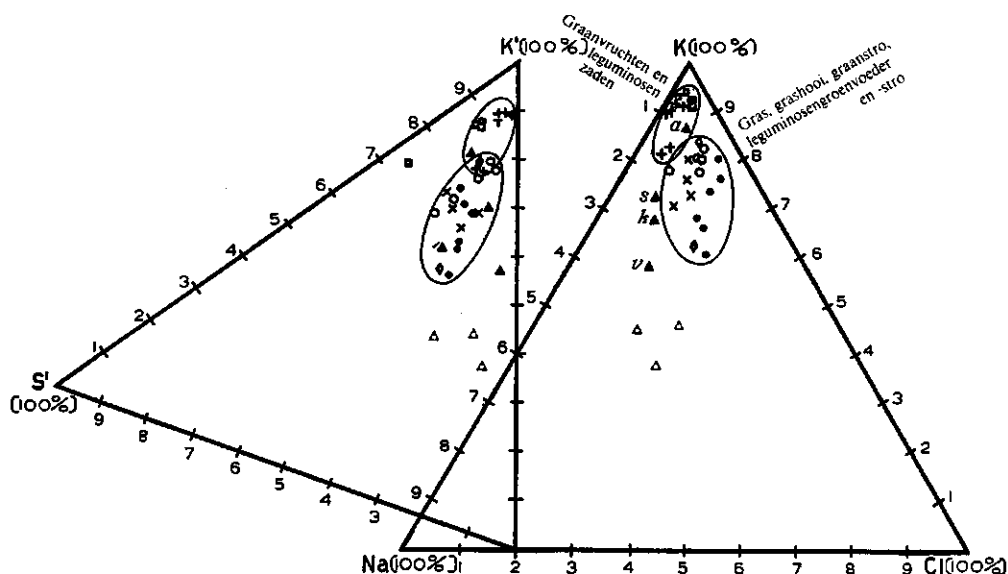


Fig. 11. AA-diagram of alkali-alkaliteitsdiagram van enige voedermiddelen, naar gegevens (gemiddelde analyses), ontleend aan WOLFF, 1880 (36).

De beeldpunten zijn uitgezet gedacht in een tetraëder; de linkse driehoek stelt de verticale projectie voor, de rechtse driehoek vormt de horizontale projectie, de laatste verkregen door centrale projectie uit de top *S* (zie BROUWER, 3, 4, 8).

In de verticale projectie worden de procentgetallen *K* en *S* afgelezen, d.w.z. de milliaequivalenten *K* en *S*, uitgedrukt als percentages van de som  $K + Na + Cl + S$  (de som der componenten van AA).

In de horizontale projectie worden de milliaequivalenten *K*, *Na* en *Cl* afgelezen als percentages van hun som ( $K + Na + Cl$ ). Wil men ze leren kennen als procentgetallen van de som  $K + Na + Cl + S$ , dan moet men de afgelezen percentages *K*, *Na* en *Cl* vermenigvuldigen met  $\frac{100-S}{100}$ , waarin *S* het procentgetal *S* uit de verticale projectie voorstelt.

Voor de verklaring der tekens zie fig. 1.

de gebieden elkaar in zodanige mate, dat slechts één ovaal is getekend voor gras, hooi, leguminosengroenvoeder, graanstro en leguminosenstro samen. De plaats van het ovaal, zoals in fig. 12 (MACH en HERRMANN) is aangegeven, moet als de juiste worden beschouwd. Uit fig. 13 blijkt, dat ook het hooi van KOENRAADT in dit ovaal moet worden ondergebracht.

Wij vestigen er de aandacht op, dat men uit de horizontale projecties in deze drie figuren, behalve van de *K/Na*-verhouding, ook een duidelijk beeld krijgt van de *K/Cl*-verhouding en van de *Na/Cl*-verhouding. Vooral deze laatste is wellicht niet zonder belang, omdat *Na* en *Cl* de mineralen zijn, die in veruit de grootste hoeveelheid in het bloedplasma voorkomen. In dit laatste bedraagt de verhouding der milliaequivalenten 1,34. Dit getal is dus iets groter dan bij het keuzenzout, waar de verhouding uiteraard gelijk aan 1 is. In de melk echter is de verhouding iets kleiner dan één, nl. 0,83. De betekenis van de *Na/Cl*-verhouding voor de voeding is nimmer ernstig onderzocht. Wij kunnen dit hier evenmin doen, maar willen niettemin de vraag aanroeren, hoe het met deze verhouding in de verschillende voedermiddelen staat.

Hiervoor denke men zich in elk der drie figuren uit het hoekpunt *K* een lood-

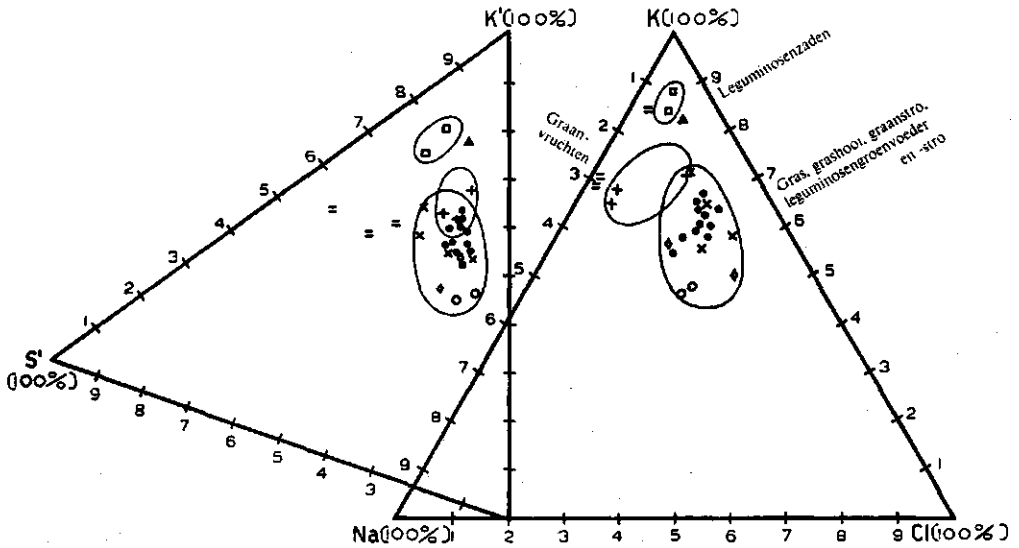


Fig. 12. AA-diagram of alkali-alkaliteitsdiagram van enige voedermiddelen, naar gegevens (gemiddelde analyses), ontleend aan MACH en HERRMANN, 1934 (23) en bovendien, voor enkele bijproducten der oliebereiding, ontleend aan MORRISON, 1949 (26).

Voor de verklaring van de inrichting van het diagram zie fig. 11.

Voor de verklaring der tekens zie fig. 1.

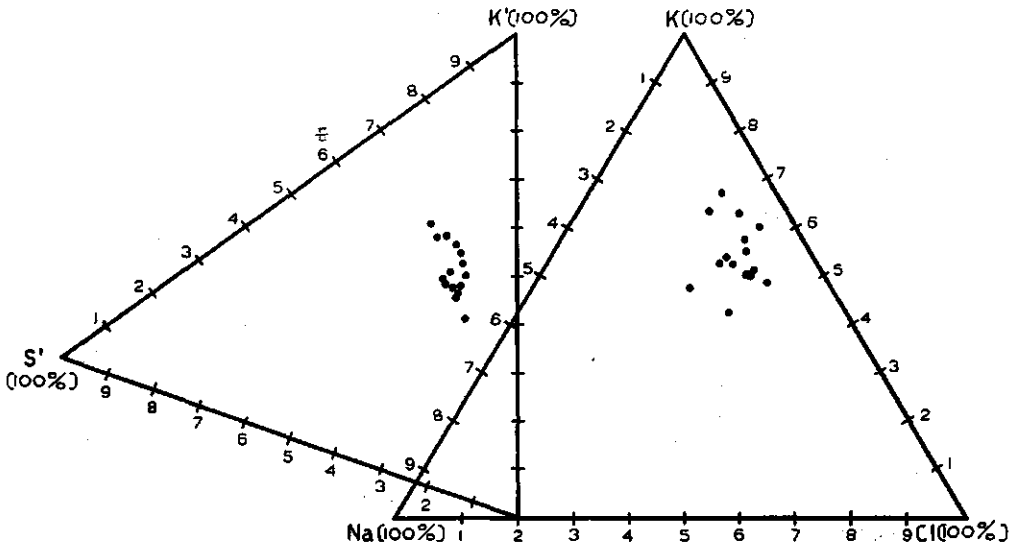


Fig. 13. AA-diagram of alkali-alkaliteitsdiagram van Nederlands hooi, naar analyses van afzonderlijke hooimonsters uit het jaar 1933, ontleend aan het onderzoek KOENRAADT (20).

Voor de verklaring van de inrichting van het diagram zie fig. 11.

De punten stellen de afzonderlijke hooimonsters voor.

lijn neergelaten op de overstaande zijde  $NaCl$ . Voor de punten van deze loodlijn nu is de  $Na/Cl$ -verhouding gelijk aan één, voor de punten links er van is zij groter dan één en voor de punten rechts er van is zij kleiner.

Het blijkt nu gemakkelijk, dat de beeldpunten der voedermiddelen zich over het algemeen in de nabijheid van deze loodlijn scharen. De punten der peulvruchten en aardappelen liggen er zelfs bijna op, die der graanvruchten liggen er dooreengenomen ietwat links van en die van het gras, de groenvoeders, het hooi en de strosoorten rechts. De bijproducten der oliebereiding echter vormen een uitzondering, doordat zij een zeer hoge  $Na/Cl$ -verhouding bezitten.

Nabij de genoemde loodlijn met  $Na/Cl$ -verhouding gelijk aan één, liggen in fig. 11 (WOLFF) ook de wortel- en knolgewassen en hun loof. Vooral het loof is relatief arm aan K en betrekkelijk rijk aan Na en Cl (K-procentgetal ca 40). De voederbieten, suikerbieten en knollen nemen een intermediaire positie in (K-procentgetal ca 65), terwijl de aardappelen met K-procentgetal van ca 85 nabij het hoekpunt K liggen. Deze laatste bevatten derhalve relatief zeer weinig Na en Cl en zeer veel K, evenals de granen. Wij herinneren er aan, dat dit alles maximumwaarden zijn wegens de vroeger gesignaleerde Na- en Cl-verliezen bij de oudere onderzoekingen.

Wij willen deze verhoudingen nog vergelijken met die in de melk. Hiervoor kan men uit literatuuropgaven (16) berekenen, dat de procentgetallen van het K, Na en Cl, betrokken op hun som, achtereenvolgens 39, 28 en 33 bedragen. De voedermiddelen, die hier het best mee overeenstemmen, zijn bij het materiaal van WOLFF (fig. 11) de bladeren van suikerbieten, voederbieten en knollen en bij het materiaal van MACH en HERRMANN (fig. 12) het leguminosengroenvoeder. De gemiddelden vindt men in het onderstaande staatje.

	Procentgetallen		
	K	Na	Cl
Loof van bieten en knollen (WOLFF, 36) . . .	43	33	24
Leguminosengroenvoeder (MACH c.s., 23) . .	47	24	29
Melk (FLEISCHMANN, 16) . . . . .	39	28	33

#### f. Het EA-diagram of aardalkali-alkaliteitendiagram (fig. 14, 15)

Deze diagrammen hebben betrekking op de elementen Ca, Mg en P. In fig. 14 zijn zowel de gegevens van WOLFF en van MACH en HERRMANN als de hooimonsters uit het jaar 1933 van het onderzoek KOENRAADT verwerkt, alsmede de bijproducten der oliebereiding van MORRISON. In het algemeen vindt men in dit diagram een bevredigende overeenstemming tussen de beeldpunten, afgeleid uit de verschillende bronnen.

De granen en peulvruchten zijn blijkens de figuur rijk aan P, terwijl van de hierin voorkomende basen het procentgetal voor het Mg belangrijk groter is dan dat voor het Ca. De aardappelen ( $\blacktriangle a$ ) bevinden zich in dit diagram op de grens van het afgebakende gebied der granen en peulvruchten. De onderlinge verhouding van Ca, Mg en P is in de aardappelen dus slechts weinig verschillend van die in de granen en peulvruchten; maar blijkens tabel 1 en 2 is de som van deze drie mineralen in de droge stof der peulvruchten niet onaanzienlijk groter dan in die der aardappelen en graanvruchten.

De graslandproducten (gras, hooi en afzonderlijk geoogste grassoorten)

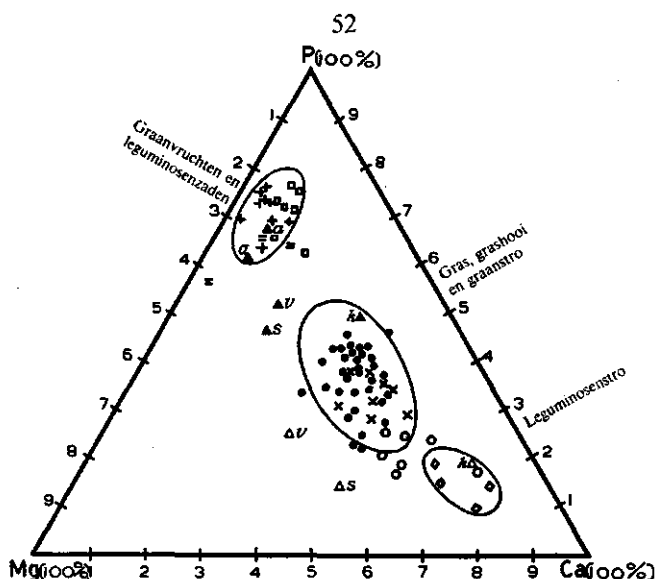


Fig. 14. EA-diagram of aardalkali-alkaliteitsdiagram van enige voedermiddelen, naar gegevens, ontleend aan WOLFF (gemiddelde analyses), 1880 (36), aan MACH en HERRMANN (gemiddelde analyses), 1934 (23), aan het onderzoek KOENRAADT (analyses van afzonderlijke hooimonsters uit het jaar 1933) (20) en aan MORRISON (gemiddelde analyses van enkele bijproducten der oliebereiding), 1949 (26).

In dit diagram worden de procentgetallen Ca, Mg en P afgelezen, d.w.z. de milliequivalenten Ca, Mg en P, uitgedrukt als percentages van hun som  $Ca + Mg + P$  (de som der componenten van EA).

Voor de verklaring der tekens zie fig. 1.

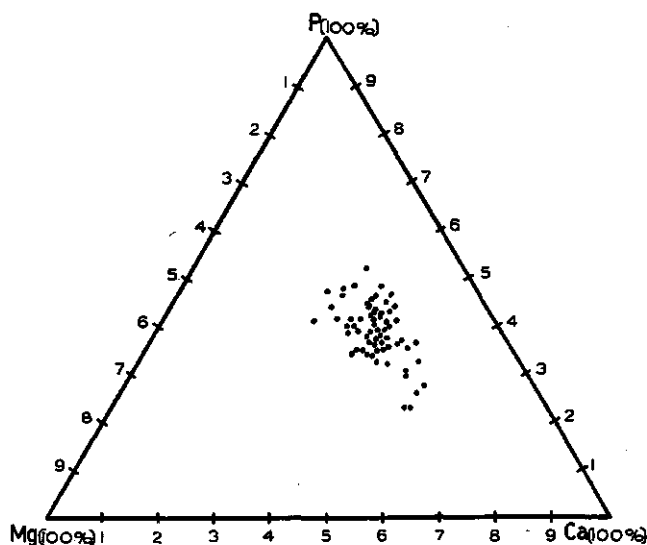


Fig. 15. EA-diagram of aardalkali-alkaliteitsdiagram van Nederlands gras, gemaaid voor hooiwinning, naar analyses van afzonderlijke grasmonsters uit de jaren 1931, 1932 en 1933, ontleend aan het onderzoek KOENRAADT (20).

In dit diagram worden de procentgetallen Ca, Mg en P afgelezen, d.w.z. de milliequivalenten Ca, Mg en P, uitgedrukt als percentages van hun som  $Ca + Mg + P$  (de som der componenten van EA).

De punten stellen de afzonderlijke monsters van het voor hooiwinning gemaaid gras voor.

nemen in het diagram van fig. 14 een veld in, dat vrij uitgebreid is. Bij de afbakening van dit gebied is uitsluitend gebruik gemaakt van de gegevens van KOENRAADT, die betrekking hebben op 64 monsters gras, bestemd voor hooiwinning. De beeldpunten daarvan komen, zoals uit het voorgaande blijkt, niet in fig. 14 voor; zij zijn in een afzonderlijk diagram (fig. 15) weergegeven.

De punten, afgeleid uit MACH en HERRMANN's materiaal, betreffende vers gras en afzonderlijke grassoorten, liggen alle in dit gebied en wel in de bovenste helft. Het graanstro daarentegen ligt in de onderste helft. Zeer waarschijnlijk zal dit verschil bij de gramineeën grotendeels moeten worden toegeschreven aan het meer of minder ver voortgeschreden groeistadium. Men weet nl., dat jong gras betrekkelijk rijk aan P is. Bij het ouder worden van het gras nu, neemt het P-gehalte sterk af en wel sterker dan het Ca-gehalte, zodat het Ca verhoudingsgewijs meer op de voorgrond treedt. Wanneer hetzelfde het geval is met het graanstro, dan wordt de ligging der beeldpunten van het gras en het stro ten opzichte van elkaar ons duidelijk.

Bij het leguminosengroenvoeder en -stro, waarvan de puntenvelden verder naar de Ca-hoek van het diagram zijn gelegen, valt hetzelfde op te merken. Ook hier is het stro van erwten en bonen, geanalyseerd in een doodrijp stadium, relatief rijker aan Ca dan de groenvoeders.

Wijden wij nog enige aandacht aan de knol- en wortelgewassen en hun loof, dan valt in de eerste plaats op, dat de bieten en knollen relatief rijker aan P zijn dan het gras en hooi. Het loof daarentegen is betrekkelijk arm aan P, maar rijker aan Ca dan de bieten en knollen.

Opvallend is ook het verschil tussen de bieten en knollen onderling. Zowel de wortels ( $\blacktriangle v$  en  $\blacktriangle s$ ) als het loof ( $\triangle v$  en  $\triangle s$ ) der bieten is relatief rijk aan Mg, terwijl de knollen ( $\blacktriangle k$ ) en hun loof ( $\triangle k$ ) juist lage Mg-procentgetallen te zien geven ( $\pm 36$  tegen  $\pm 14$ ).

#### 4. DIAGRAMMEN VAN EEN AANTAL VOLLEDIGE RANTSOENEN VOOR MELKKOEIEN

Behalve de diagrammen voor de afzonderlijke voedermiddelen, die in het voorafgaande zijn besproken, werden ook van een aantal volledige rantsoenen, bestemd voor melkkoeien met een gewicht van 500 kg en een opbrengst van 20 kg melk met 3,75 % vet, de overeenkomstige diagrammen vervaardigd. Het betrof vier rantsoenen voor het zuivere weidebedrijf (zonder aankoop van ruwvoedermiddelen), twee rantsoenen voor het gemengde kleibedrijf en vier rantsoenen voor het gemengde bedrijf op zandgrond, in totaal dus tien stuks (tabel 6). De samenstelling dezer rantsoenen werd ontleend aan „Ruwvoederrantsoenen en krachtvoedergiften voor melkkoeien”, een uitgave van het Centraal Veevoederbureau in Nederland. Opgemerkt dient te worden, dat slechts dië rantsoenen werden gekozen, van wier samenstellende voedermiddelen enigermate betrouwbare mineraalgehalten tot onze beschikking stonden.

TABEL 6. Samenstelling der rantsoenen <sup>1)</sup>

<i>Rantsoen W<sub>1</sub></i>	<i>Rantsoen W<sub>2</sub></i>
12 kg hooi	15 kg hooi
5,8 kg meelmengsel 20 % I	4,4 kg meelmengsel 20 % I
<i>Rantsoen W<sub>2</sub> (lijnkoek)</i>	<i>Rantsoen W<sub>3</sub></i>
15 kg hooi	6 kg hooi
4,4 kg lijnmeel	18 kg kuilgras (warm)
	5,5 kg meelmengsel 20 % I

<sup>1)</sup> Samenstelling der meelmengsels in tabel 7.

*Rantsoen GB<sub>1b</sub>*

5 kg hooi	} 50 kg <sup>1)</sup>
12,5 kg suikerbietenkoppen	
37,5 kg suikerbietenblad	
3 kg erwtenstro	
1,6 kg meelmengsel 25 %	

*Rantsoen Z<sub>3</sub>*

3 kg hooi	} 50 kg <sup>2)</sup>
29 kg stoppelknollen	
21 kg stoppelknollentoof	
4 kg roggestro	
5,3 kg meelmengsel 15 %	

*Rantsoen Z<sub>3b</sub>*

3 kg hooi
5 kg voederbieten
50 kg voederbietenblad
4 kg roggestro
5,1 kg meelmengsel 15 %

*Rantsoen GB<sub>3b</sub>*

3 kg hooi
6 kg klaverhooi
30 kg voederbieten
3 kg haverstro
2,8 kg meelmengsel 25 %

*Rantsoen Z<sub>7b</sub>*

3 kg hooi
40 kg voederbietenblad
12 kg stoppelklaver
5 kg haverstro
4,2 kg meelmengsel 15 %

*Rantsoen Z<sub>13b</sub>*

6 kg hooi
25 kg voederbieten
4 kg gerstestro
4,7 kg meelmengsel 25 %

<sup>1)</sup> Verhouding kop: blad uit LEIGNES BAKHOVEN, H. G. A., Veevoeding (1947) 101.

<sup>2)</sup> Verhouding knol: loof uit GRASHUIS, J., Voedermiddelen voor de Landbouwhuisdieren 78.

TABEL 7. *Samenstelling der meelmengsels**Meelmengsel 25 %*

(25 % verteerbaar ruw eiwit)

1 deel lijnmeel
1,5 deel sojaschroot
1,5 deel grondnotenmeel
1 deel cocosmeel
1,5 deel maismeel
1 deel tarwegrint

*Meelmengsel 20 % II*

(20 % verteerbaar ruw eiwit)

1 deel grondnotenmeel
1 deel gerstemeel
1 deel havermeel
1 deel sojaschroot
1,5 deel maismeel

*Meelmengsel 20 % I*

(20 % verteerbaar ruw eiwit)

2 delen lijnmeel
1 deel sojaschroot
1 deel grondnotenmeel
1 deel cocosmeel
2 delen maismeel
1 deel tarwegrint
1 deel gerstemeel

*Meelmengsel 15 %*

(15 % verteerbaar ruw eiwit)

2 delen maismeel
1 deel bonenmeel
1 deel havermeel
1 deel gerstemeel
2 delen lijnmeel

Voorts zij vermeld, dat in de genoemde uitgave voor elk rantsoen wel de afzonderlijke *ruw*voedermiddelen zijn aangegeven, echter niet de afzonderlijke krachtvoedermiddelen, die tezamen het aanvullende krachtvoedermengsel vormen. Van dit laatste wordt alleen maar medegedeeld, hoeveel verteerbaar ruw eiwit en zetmeelwaarde het moet bevatten. Hiermede rekening houdende werden derhalve krachtvoedermengsels door ons opgesteld (tabel 7), waarbij tevens enige aandacht werd geschonken aan de invloed van het voeder op de consistentie der boter. Het is ons natuurlijk bekend, dat tegenwoordig veelal een mineralenmengsel aan het krachtvoeder wordt toegevoegd. Niettemin hebben wij een dergelijke mineraaltoevoeging achterwege gelaten. Onze beschouwingen hebben dus steeds betrekking op de rantsoenen zonder extra-toevoeging van mineralen.



TABEL 8. Minerale samenstelling der voedermiddelen, gebruikt bij de berekening der ransoenen

Voedermiddel	In de ongedroogde stof (%) <sup>1)</sup>			In de droge stof (%) <sup>100</sup>								
	Droge stof (%)	Verteerbaar ruw eiwit (%)	Zetmeelwaarde (%)	Auteur	Aantal monsters	K <sub>2</sub> O (%) <sup>100</sup>	Na <sub>2</sub> O (%) <sup>100</sup>	CaO (%) <sup>100</sup>	MgO (%) <sup>100</sup>	Cl (%) <sup>100</sup>	SO <sub>4</sub> (%) <sup>100</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%) <sup>100</sup>
Hooi Koenraadt 1933	85,0	5,4	32,4		15	21,91	3,59	7,41	3,49	10,00	5,73	5,92
Gras, warm ingekuuld	25,0	1,6	12,0	(2)	5	42,42	2,32	11,22	3,27	15,92	7,98	9,49
Rode klaver	19,0	2,5	10,2	(23)	5	27,60	8,70	24,10	7,90	12,90	3,80	6,10
Klaverhooi <sup>2)</sup>	83,5	8,5	31,9	(23)								
Haverstro	85,7	1,3	17,0	(23)	9	23,60	4,80	5,60	1,60	8,80	3,00	3,40
Gerdestro	85,7	0,9	19,0	(23)	9	17,20	2,00	5,10	1,30	7,00	3,70	2,40
Roggestro	85,7	0,6	10,6	(23)	14	11,30	1,20	4,20	1,30	2,10	2,80	2,80
Erwenstro	84,5	4,8	17,0	(23)	6	14,50	2,70	25,30	3,70	7,80	4,30	2,50
Voederbieten	15,5	0,7	10,3	(36)	19	39,58	12,33	2,83	3,26	7,55	2,29	6,47
Voederbietenblad	9,0	1,3	5,0	(36)	18	47,09	29,82	16,34	14,62	24,51	8,61	9,97
Stoppelknollen	8,0	0,8	5,1	(36)	32	36,37	7,88	8,49	2,96	4,06	8,96	10,18
Stoppelknollenloof	10,0	1,8	6,6	(36)	10	27,27	11,00	38,32	4,61	11,79	10,94	8,50
Suikerbieten	23,0	0,7	15,6	(36)	149	20,35	3,42	2,33	3,01	1,84	1,61	4,67
Suikerbietenloof <sup>3)</sup>	9,0	1,3	5,0	(36)	25	39,08	20,46	30,06	16,86	12,60	7,88	7,07
Mais	86,6	7,1	80,0	(26)		3,87	0,16	0,34	1,97	0,71	3,50	7,35
Gerst	87,2	8,5	70,6	(23)	14	7,00	0,80	0,90	2,30	1,30	0,70	9,60
Haver	88,8	8,8	61,8	(23)	5	5,20	1,50	1,60	1,90	0,40	0,80	7,90
Tarwegrint	86,1	11,9	49,6	(26)		16,44	0,90	2,17	10,86	0,44	5,82	32,79
Akkerbonen	85,8	21,5	66,3	(23)	5	15,80	0,70	2,00	2,40	0,80	2,30	13,40
Lijnmeel	91,0	28,5	73,3	(26)		16,42	1,63	6,00	10,01	0,44	10,44	21,89
Grondnotenmeel	91,8	42,4	75,2	(26)		14,90	3,84	2,41	4,28	0,32	7,79	13,30
Sojameel(-schroot)	88,5	42,7	69,2	(26)		23,45	6,23	4,46	4,74	0,44	9,06	16,62
Cocosmeel	89,9	16,4	77,4	(36)		22,43	1,69	6,31	3,47	7,09	2,08	14,87

<sup>1)</sup> De cijfers in de drie onderstaande kolommen zijn vrijwel alle ontleend aan „Voedernormen voor de Landbouwhuiskieren enz.”, uitgave Centraal Veevoederbureau in Nederland (1951).

<sup>2)</sup> Voor klaverhooi zijn dezelfde mineraalcijfers gebruikt als die, welke MACH en HERRMANN voor rode klaver opgeven.

<sup>3)</sup> Voor droge stof, verteerbaar ruw eiwit en zetmeelwaarde zijn dezelfde cijfers genomen als voor voederbietenblad.

TABEL 9. *Droge stof, zetmeelwaarde, verteerbaar ruw eiwit en mineralen in de rantsoenen*

	Droge stof (kg)	Zet- meel- waarde (kg)	Verteer- baar ruw eiwit (kg)	K <sub>2</sub> O (g)	Na <sub>2</sub> O (g)	CaO (g)	MgO (g)	Cl (g)	SO <sub>3</sub> (g)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g)
Rantsoen W <sub>1</sub>	15,3	8,1	1,90	295	46	92	64	109	89	144
„ W <sub>2</sub>	16,7	8,0	1,76	334	53	107	66	133	96	139
„ W <sub>2</sub> (lijnkoek)	16,8	8,1	2,06	345	52	118	85	129	115	163
„ W <sub>3</sub>	14,5	8,1	1,79	371	38	104	60	129	94	152
„ GB <sub>1b</sub>	14,5	7,1	1,41	343	105	209	98	112	76	93
„ GB <sub>3b</sub>	17,3	8,5	1,65	478	129	176	81	151	68	126
„ Z <sub>3</sub>	15,1	8,1	1,63	282	59	145	51	70	89	126
„ Z <sub>7b</sub>	16,4	8,1	1,71	426	160	166	103	183	84	127
„ Z <sub>9b</sub>	15,7	8,1	1,67	382	161	120	102	152	85	132
„ Z <sub>12b</sub>	16,6	8,6	1,76	390	84	80	58	110	78	133
15 kg droge stof in zeer goed gras <sup>1)</sup>	15,0	9,2	1,92	562	34	135	63	200	147	132
Nodig voor 500 kg l.g., 20 kg melk 3,75 %		8,0	1,56	66	(30)	78	(10)	42	(32)	102

<sup>1)</sup> Hiervoor werd genomen de samenstelling van kunstmatig gedroogd gras, gemiddelde over 1942, zoals opgegeven door 't HART (19).

Wat nu de analyses (tabel 8) betreft, werden voor het hooi de gemiddelde gehalten aangehouden van het materiaal, dat in de stalperiode 1933/34 door KOENRAADT is bemonsterd. De onderzoeken van 1935 te Hoorn (2) leverden ons gemiddelde analysecijfers van een vijftal monsters kuilgras (warme methode). Voor enkele krachtvoerdmiddelen (mais, tarwegrint, lijnmeel, grondnotenmeel en sojameel(-schroot) moesten wij onze toevlucht nemen tot „Feeds and Feedings” van MORRISON (26). Voor het overige werd zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de analyses van MACH en HERRMANN, omdat deze analyses blijkens het voorgaande betrouwbaarder zijn dan die van WOLFF.

Met behulp van deze analyses werden de totale hoeveelheden der mineralen in de tien afzonderlijke rantsoenen berekend (tabel 9). In deze tabel, waarop wij zo aanstonds terugkomen, zijn ter vergelijking tevens cijfers opgenomen voor de mineralen in een rantsoen van jong gras en bovendien voor de geschatte behoefte van een rund als in de aanhef bedoeld met een melkopbrengst van 20 kg per dag.

Vervolgens werden de mineralen uit de zoëven genoemde tabel 9 in milliaequivalenten per kg droge stof uitgedrukt voor elk der tien rantsoenen (tabel 10) en ten slotte in diagram gebracht.

Ter vergelijking zijn in enkele diagrammen bovendien het hooi- of het grasgebied van KOENRAADT en het gebied der graanvruchten of dat der graan- plus peulvruchten van MACH en HERRMANN getekend. Eveneens ter vergelijking vindt men beeldpunten voor het gemiddelde van kunstmatig gedroogd gras, berekend uit het cijfermateriaal van 't HART (19), en ten slotte nog beeldpunten voor het gemiddelde van het gras van kopziekte-weiden, berekend uit het cijfermateriaal van SJOLLEMA (32). De wijze van berekening is vroeger door BROUWER c.s. (4, 9) aangegeven.

In het onderstaande zal blijken, dat de grote verschillen in samenstelling

TABEL 10. Gehaltes der mineralen in de rantsoenen, berekend op de droge stof

	Zetmeel- waarde <sup>1)</sup>	Verteer- baar ruw eiwit (%)	K <sub>2</sub> O (%/oo)	Na <sub>2</sub> O (%/oo)	CaO (%/oo)	MgO (%/oo)	Cl (%/oo)	SO <sub>2</sub> (%/oo)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%/oo)	BT <sup>2)</sup>	ZT <sup>3)</sup>	TT <sup>3)</sup>	VT = TA <sup>3)</sup>	AA <sup>3)</sup>	EA <sup>3)</sup>	VA <sup>3)</sup>
Rantsoen W <sub>1</sub>	0,53	12,3	19,2	3,0	6,0	4,2	7,1	5,8	9,4	928	741	1670	187	161	26	135
" W <sub>2</sub>	0,48	10,5	20,0	3,2	6,4	4,0	8,0	5,8	8,3	956	722	1677	234	160	74	85
" W <sub>3</sub>	0,48	12,3	20,6	3,1	7,1	5,0	7,7	6,9	9,7	1041	800	1841	241	149	91	58
" W <sub>3</sub>	0,56	12,4	25,6	2,6	7,2	4,1	8,9	6,5	10,5	1089	858	1947	232	214	17	197
" GB <sub>1b</sub>	0,49	9,7	23,7	7,2	14,4	6,7	7,7	5,2	6,4	1587	620	2207	967	388	579	-191
" GB <sub>3b</sub>	0,49	9,5	27,7	7,5	10,2	4,7	8,8	4,0	7,3	1426	654	2080	771	483	288	196
" Z <sub>3</sub>	0,54	10,8	18,7	3,9	9,6	3,4	4,6	5,9	8,4	1035	634	1669	401	245	156	89
" Z <sub>7b</sub>	0,49	10,4	25,9	9,8	10,1	6,3	11,2	5,1	7,7	1538	771	2308	767	423	344	79
" Z <sub>9b</sub>	0,51	10,6	24,2	10,2	7,6	6,5	9,6	5,4	8,4	1438	763	2201	675	438	237	200
" Z <sub>11b</sub>	0,52	10,6	23,5	5,1	4,8	3,5	6,6	4,7	8,0	1009	644	1653	364	359	6	353
Zeer goed gras <sup>3)</sup>	0,61	12,8	37,5	2,3	9,0	4,2	13,3	9,8	8,8	1400	990	2390	410	252	158	95

<sup>1)</sup> Kg zetmeelwaarde per kg droge stof van het rantsoen.<sup>2)</sup> Milliaequivalenten per kg droge stof van het rantsoen.<sup>3)</sup> Hiervoor werd genomen de samenstelling van kunstmatig gedroogd gras, gemiddelde over 1942, zoals opgegeven door 't Hart (19).

tussen de afzonderlijke voedermiddelen grotendeels worden opgeheven door de combinatie van deze voedermiddelen tot rantsoenen. Niettemin zal men zien, dat er enige verschillen overblijven, in het bijzonder tussen de rantsoenen voor weidebedrijven enerzijds en die voor gemengde bedrijven anderzijds.

Wij wijzen er nogmaals op, dat bij onze berekeningen steeds gebruik is gemaakt van *gemiddelde* analyses. Het is echter bekend, dat de afzonderlijke ruwvoedermiddelen, zoals gras en hooi, ook in hun minerale samenstelling aanmerkelijke variaties te zien geven. Het ligt daarom voor de hand, dat de rantsoenen, welke in de praktijk worden gebruikt, belangrijke afwijkingen kunnen vertonen wat betreft de getallenwaarden, welke wij voor de verschillende grootheden (BT, ZT etc.) op grond van de gemiddelde analyses hebben berekend en met behulp waarvan onze grafieken zijn samengesteld.

#### *a. De absolute hoeveelheden der afzonderlijke mineralen in de rantsoenen*

Zoals gezegd zijn deze weergegeven in tabel 9, waarin tevens mineraalcijfers zijn opgenomen van een grasrantsoen met 15 kg droge stof. Hierbij werd gebruik gemaakt van de gemiddelde analyse van kunstmatig gedroogd gras met 17,0% ruw eiwit (19). Deze hoeveelheid gras is in verband met de grotere zetmeelwaardebehoefte tijdens de weidegang zodanig gekozen, dat de zetmeelwaarde groter is dan die der winterrantsoenen. Ook de eiwitvoorziening is ruim, zoals gewoonlijk bij weiden in jong gras het geval is.

Voorts vindt men in de onderste regel van tabel 9 de reeds vermelde schatting van de mineraalbehoefte van een koe van 500 kg levend gewicht en een opbrengst van 20 kg melk met 3,75% vet. Voor deze schatting werd aangenomen, dat de minerale verhoudingen in de melk ten behoeve van de voeding als gunstig kunnen worden beschouwd. Het best bekend zijn deze behoeften voor het Ca en het P. Zo is gebleken, dat een koe van 500 kg voor onderhoud kan volstaan met 15 g CaO en 25 g  $P_2O_5$ , al is overschrijding van deze hoeveelheden gewenst. De genoemde hoeveelheid  $P_2O_5$  komt voor in 13 kg melk. Voorts bevat deze 13 kg melk 19 g CaO, een hoeveelheid, die aan de behoefte aan kalk ruimschoots kan voldoen.

Minder goed zijn de behoeften aan de overige mineralen bekend. Wij zullen na het voorgaande echter aannemen, dat 13 kg melk eveneens in de onderhoudsbehoefte aan deze laatste voorziet.

Wat nu de melkproductie betreft, weet men ten aanzien van Ca en P, dat desnoods kan worden volstaan met het dubbele van de hoeveelheden, welke in de melk voorkomen. Wat de overige mineralen betreft, moeten wij weer een schatting maken. Wij nemen hierbij in aanmerking, dat K, Na en Cl veel gemakkelijker uit de darm worden opgenomen dan Ca, P en Mg. Daarom is bij het Mg eveneens met het dubbele gerekend, bij het Na, K en Cl echter met iets minder, nl. het  $1\frac{1}{2}$ -voudige.

Aldus zijn wij gekomen tot de onderste regel van tabel 9. Hierin zijn de cijfers voor  $Na_2O$ , MgO en  $SO_3$  tussen haakjes geplaatst. Bij het  $SO_3$  is dit geschied, omdat de zwavel in organische vorm moet worden opgenomen (cystine en methionine), zodat de vergelijking met de overige  $SO_3$ -cijfers in de tabel slechts beperkte betekenis bezit. Bij het  $Na_2O$  en MgO zijn de haakjes geplaatst, omdat men op grond van praktische ervaringen aanneemt, dat de behoefte hieraan onder bepaalde omstandigheden groter kan zijn dan in de tabel is aangegeven.

Blijkens de tabel liggen de hoeveelheden der mineralen zowel in de winter-rantsoenen als in het grasrantsoen met slechts één uitzondering boven de berekende behoefte. Men bedenke echter, dat *gemiddelde* analyses zijn gebruikt, waarbij de strooïing dus grotendeels is vereffend. Juist deze strooïing zal maken, dat de mineraalcijfers in de rantsoenen, zoals zij op de afzonderlijke boerderijen worden gevoederd, aanmerkelijk lager kunnen liggen en zelfs beneden de behoeftecijfers zouden kunnen dalen. Men ziet gemakkelijk, dat dit in het bijzonder geldt voor het  $P_2O_5$ . In vele winterrantsoenen en in het grasrantsoen geldt dit ook voor het  $Na_2O$  en ten slotte in enkele winterrantsoenen eveneens voor het  $CaO$ . Bij deze bestanddelen dient men dus op zijn hoede te zijn. Inderdaad zijn  $Ca$ ,  $P$  en  $Na$ , de laatste gebonden aan  $Cl$ , de voornaamste bestanddelen van vele mineralenmengsels.

Het  $Cl$  is in overmaat aanwezig en in nog veel sterkere mate geldt dit voor het  $K_2O$ . In het grasrantsoen is het zelfs het  $8\frac{1}{2}$ -voudige van de berekende behoefte. Wellicht vinden wij hierin de sleutel van de boven gesignaleerde opvatting, dat de behoefte aan  $Na_2O$  en  $MgO$  volgens praktische ervaringen groter is of althans groter kan zijn dan op grond van physiologische overwegingen mag worden verwacht. Van al de genoemde elementen toch zijn het  $Na$  en het  $Mg$  het naast aan het  $K$  verwant. Daarom moet men vooral bij deze elementen op verdringsverschijnselen of antagonistische werkingen bedacht zijn. Het zou dus kunnen zijn, dat de grotere behoefte haar oorzaak vindt in de noodzakelijkheid de verdringing door de overmaat  $K_2O$  tegen te gaan.

Deze opvatting ten aanzien van het  $Na$  en  $Mg$  komt overeen met die, waartoe BUNGE (11) reeds in 1873 kwam ten aanzien van het  $Na$ . Volgens zijn opvatting zou de behoefte aan  $Na$  in het voedsel groter worden, naarmate dit laatste méér  $K$  bevat. BUNGE putte o.a. steun voor zijn opvatting uit proeven met hemzelf, die wezen op het uitdrijven van  $Na$  uit het lichaam met de urine door hoge  $K$ -giften.

Helaas echter is bij runderen door proefnemingen slechts weinig met zekerheid omtrent de natriumbehoeftte vastgesteld. Zoals gezegd berust ons cijfer 30 g (tabel 9) alleen maar op overwegingen van physiologische aard. De oude, veel geciteerde proeven van BABCOCK (1) met runderen leren ons eveneens maar weinig, omdat BABCOCK zijn berekeningen uitsluitend baseerde op het chloorgehalte van voeder en melk <sup>1)</sup>.

Ook de verhandeling van DU TOIT c.s. (15) zegt weinig, omdat deze onderzoekers hun conclusie slechts baseren op een proef met één enkel dier. Zij namen op grond daarvan voorlopig aan, dat een koe met een opbrengst van 9,08 liter per dag, als minimum  $1\frac{1}{2}$  maal zo veel gemakkelijk opneembaar  $Na$  zou moeten ontvangen als wordt uitgescheiden in de melk. Het onderhoudsvoer verwaarlozende kwamen zij aldus tot 15 g  $Na_2O$  per dag. Zou men dezelfde maatstaf aanleggen voor een koe van 500 kg en 20 kg melk, dan zou men komen op 33 g. Dit is precies even veel als in de voetnoot op grond van het

<sup>1)</sup> BABCOCK constateerde, dat de door hem verstrekte rantsoenen zonder extra-keukenzout-toediening voldoende  $NaCl$  voor onderhoud bevatten. De hoeveelheid  $Cl$  in deze rantsoenen nu kwam voor een rund van 454 kg overeen met 0,75 ounce  $NaCl$ , d.w.z. met 23,5 g voor een rund van 500 kg. Voorts berekende hij, dat voor de melkproductie in de behoefte aan  $Cl$  was voldaan door 0,6 ounce  $NaCl$  per 20 lbs melk, dus 1,9 g per kg. Voor een koe van 500 kg en 20 kg melk komt men dus tot  $23,5 + 38 = 61,5$  g  $NaCl$ , waarin 33,1 g  $Na_2O$ . Wij geven de becijfering volgens BABCOCK hier vrij uitvoerig weer, omdat diens verhandeling herhaaldelijk onjuist wordt geciteerd en geïnterpreteerd.

voorschrift van BABCOCK is berekend. De overeenstemming berust echter voor een belangrijk deel op toeval en heeft dus geen wezenlijke betekenis.

De kaliumgehalten van de rantsoenen, die BABCOCK aan zijn proefkoeien toediende, zijn niet bekend. DU TOIT echter geeft aan, dat zijn proefdier in twee achtereenvolgende lactatieperioden respectievelijk slechts 76 en 80 g  $K_2O$  per dag gebruikte, hetgeen zeer aanzienlijk minder is dan de rantsoenen van tabel 9 aangeven. Gezien de hypothese van BUNGE is het derhalve zeer goed mogelijk, dat bij deze laatstgenoemde rantsoenen aanzienlijk méér  $Na_2O$  nodig is dan de 30 g, welke in de tabel is genoemd.

Inderdaad schijnen runderen soms veel méér  $Na_2O$  te verlangen dan 30 g, want BABCOCK vermeldt, dat zij in zeldzame gevallen zelfs 8 ounces keukenzout per dag opnemen, wanneer zij er de vrije beschikking over hebben, d.i. 227 g  $NaCl$ , overeenkomende met 120 g  $Na_2O$ . Ook in ons land ziet men, dat de dieren op sterk bemeste weiden soms grote hoeveelheden keukenzout uit likstenen tot zich nemen. Echter is dit nog geenszins een bewijs, dat zij aan natriumtekort lijden.

De hypothese van BUNGE is aanleiding geweest tot vele proeven met ratten, varkens en andere huisdieren, waarbij de slotsom van BUNGE geenszins altijd werd bevestigd. RICHARDS c.s. (29, 30) oefenden er scherpe kritiek op uit. Voorts kwam SCHOORL (31) in 1934 tot de uitkomst, dat de theorie, welke door BUNGE is gegeven, voor Na-arme omstandigheden bij ratten zeker niet opgaat. Van de jongste onderzoeken noemen wij die van MEIJER c.s. (25), die besloten, dat bij jonge ratten op een Na-arm rantsoen het K niet antagonistisch werkt, zulks beoordeeld aan de groei en de microscopische afwijkingen aan de organen. Niettemin bleek uit de analyses van hart, skeletspier, lever, nier en bloed, dat bij verhoging van het K-gehalte der rantsoenen van 0,005 % tot 0,5 % en tot 5,0 % het K-gehalte der genoemde organen voortdurend steeg en het Na-gehalte bijna steeds daalde. Uit hetzelfde laboratorium stamt het werk van GRUNERT c.s. (17). Zij vonden, dat de concentratie van het Na in het voeder van jonge, groeiende ratten ten minste 0,05 % dient te bedragen en onafhankelijk is van de K-gehalten tussen de grenzen 0,25 en 1,0 %. Bij de laatste dosis deden zich vergiftigingsverschijnselen voor, welke evenwel onafhankelijk van het Na-gehalte waren.

Het is echter duidelijk, dat deze laatstgenoemde uitkomsten niet veel zeggen ten aanzien van voedermiddelen met veel hogere kaliegehalten (3 % en meer), zoals herhaaldelijk in de droge stof van gras worden gevonden. Ook lijkt het vreemd, dat reeds bij K-gehalten van 1,0 % vergiftigingsverschijnselen zouden intreden, wanneer men bedenkt, dat het K-gehalte van de droge stof in koemelk juist 1,0 % bedraagt. Daarom mag aan deze proef slechts weinig waarde gehecht worden en hetzelfde geldt voor vele andere. Overigens waren wisselwerkingen bij deze proeven toch niet geheel afwezig, want bij zeer lage K-doses werkte verhoging van het Na-gehalte de K-deficientie in de hand. Iets dergelijks namen MACLEOD c.s. (24) kortgeleden waar bij bacteriën. Zij vonden nl., dat de kaliumbehoefte van melkzuur vormende bacteriën door toevoeging van  $Na^+$  en  $NH_4^+$  aan het medium sterk toenam. Ook voor de voeding der hogere planten blijken de kationverhoudingen meer en meer van belang te zijn (35).

Tenslotte zagen enige onderzoekers (27), dat ratten op zeer Na-arme rantsoenen niet alleen armer aan natrium worden, maar bovendien rijker aan kalium, zodat zeer lage Na/K-verhoudingen het gevolg zijn. SÖDERSTRÖM (33)

gaat in zijn opstel over „hyperkaliaemie door natriumarme kost” zelfs zò ver, dat hij de ziekelijke verschijnselen, in het bijzonder die in het electrocardiogram van een zijner patiënten op zeer Na-arm diëet, in de eerste plaats toeschrijft aan de verhoging van de kaliumcijfers. Er zou hier dus een kaliumvergiftiging zijn, niet door te veel kalium, maar door te weinig natrium in het voedsel.

Niettemin moet worden gezegd, dat de antagonistische werking van K en Na op de niveaus, waarop zij in de rantsoenen der runderen voorkomen, tot nu toe sterker spreekt uit praktische ervaringen dan uit wetenschappelijk opgezette proeven. Het schijnt wel of het antagonisme bij de laatste door bijkomstige omstandigheden niet tot uiting komt. Voortgezette studie schijnt ons hier noodzakelijk.

Wat voorts het *magnesium* betreft, is wel gebleken, dat de behoefte ook aan dit element bij vele dieren gering is. KUNKEL c.s. (21, 22) vonden b.v., dat tijdens de snelle groei van jonge ratten kort na de geboorte 0,02% Mg in het rantsoen voldoende is. TUFTS c.s. (34) kregen bij ratten met 0,05% bevredigende uitkomsten, ook voor voortplanting en lactatie. Dit gehalte bedraagt slechts een vierde deel van dat in de rantsoenen met de laagste Mg-gehalten van tabel 10, nl. het grasrantsoen en enige winterrantsoenen. Voor de mens komt BRULL (10) eveneens tot een laag cijfer, nl. 200 mg per dag voor onderhoud, hetgeen overeenkomt met ca 0,03% in de droge stof van het rantsoen.

Wat de invloed van het kalium betreft, het volgende. PEARSON c.s. (28) namen bij proefratten op Mg-arme rantsoenen grote mortaliteit waar, wanneer het K-gehalte van het rantsoen van 3 tot 5% werd verhoogd. Gelijktijdige verhoging van het Mg-gehalte van 0,015 tot 0,100% gaf hier een belangrijke zij het niet algehele verbetering. Voorts bleek aan COLBY c.s. (13), dat verhoging van het kaliumpercentage tot 2,90% K bij ratten het uitbreken van magnesiumgebrek verhaast en de ernst der deficiëntieverschijnselen doet toenemen, terwijl het Mg-gehalte van het bloed sterk gedrukt wordt.

Intussen is hiermede nog geenszins vastgesteld, dat de relatief grote Mg-behoefte van het rund uitsluitend berust op het hoge kaliumgehalte der rantsoenen. Het schijnt wel, dat runderen en wellicht ook andere herkauwers bijzonder gevoelig zijn voor Mg-gebrek. Kalveren b.v. krijgen op een melkdiëet op den duur tetanie, die door Mg-zouten te genezen is, terwijl ratten op hetzelfde diëet zonder extra Mg van deze aandoening verschoond blijven (DAY c.s., 14). Al moeten er derhalve nog andere factoren in het spel zijn, toch lijkt het niet onwaarschijnlijk, dat het percentage kalium in de rantsoenen van belang is voor de behoefte aan Na en Mg.

#### *b. Het BT-ZT-diagram of zuur-base-diagram (fig. 16)*

Voor alle rantsoenen bedraagt de ZT-waarde omstreeks 750, de BT-waarden lopen echter sterk uiteen (900–1600) en zijn in de meeste rantsoenen voor de gemengde bedrijven aanmerkelijk hoger dan in die voor de zuivere weidebedrijven. Twee der rantsoenen voor gemengd bedrijf op zandgrond echter liggen in het gebied der weidebedrijven.

Een gevolg van het bovenstaande is, dat ook de base-overschotten ( $VT = BT - ZT$ ) in de meeste rantsoenen voor gemengd bedrijf aanzienlijk groter zijn dan in die voor het zuivere weidebedrijf. Duidelijk komt dit tot uiting in de afstanden van de beeldpunten tot de scheef verlopende dunne lijn. De base-overschotten zijn nl. recht evenredig met deze afstanden.

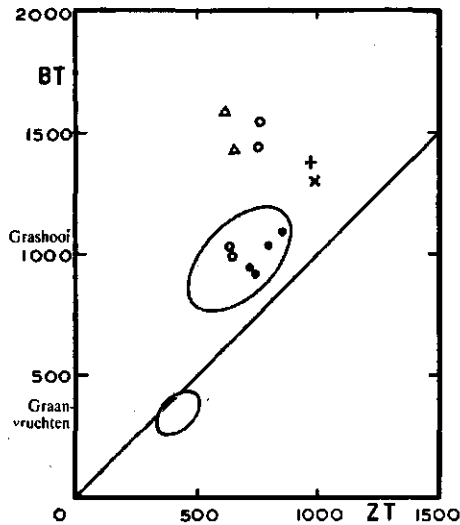


Fig. 16. BT-ZT-diagram of zuur-base-diagram van een aantal rantsoenen voor verschillende bedrijfstypen.

Horizontale as: ZT = Zuur-totaal (milliequivalenten per kg droge stof)

Verticale as: BT = Base-totaal (milliequivalenten per kg droge stof)

Ter vergelijking zijn in dit diagram het hooigebied uit fig. 3 en het graanvruchtengebied uit fig. 2 met twee ovalen weergegeven. Eveneens ter vergelijking vindt men een beeldpunt voor het gemiddelde van kunstmatig gedroogd gras ('t HART, 19) en tenslotte ook nog een voor het gemiddelde van het gras van kopziekteweid (SJOLEMA, 32). Voor de berekening betreffende deze twee grassoorten zie BROUWER c.s. (4, 9).

- Rantsoenen voor het zuivere weidebedrijf
- Rantsoenen voor gemengd bedrijf op zandgrond
- △ Rantsoenen voor gemengd bedrijf op kleigrond
- + Kunstmatig gedroogd gras
- × Gras van kopziekteweid

De base-overschotten in het kunstmatig gedroogde gras en in het kopziektegras zijn duidelijk groter dan die in de rantsoenen der weidebedrijven. Bij het gras der kopziekteweid is de vraag wel geopperd of het grote base-overschot de oorzaak van het uitbreken der kopziekte zou kunnen zijn. Uit de figuur blijkt echter, dat de base-overschotten in de rantsoenen der gemengde bedrijven veelal nog aanmerkelijk groter zijn. Het base-overschot als zodanig kan daarom moeilijk direct voor het uitbreken der ziekte verantwoordelijk worden gesteld, al zou het er min of meer bij betrokken kunnen zijn.

Beschouwen wij het diagram in het licht van de moderne ruwvoederwinning en het afnemend krachtvoerdersverbruik, dan kunnen wij allereerst opmerken, dat het graanovaal en de eiwitrijke krachtvoedermiddelen (fig. 2) beide liggen in de buurt van de scheef verloopende rechte, waarop het base-overschot gelijk aan nul is. Voorts ligt het voor de hand, dat er bij afnemend krachtvoedergebruik voor de zuivere weidebedrijven een verschuiving in de richting van de plaats van het kunstmatig gedroogde gras zal plaats vinden. Uit de figuur is nu zonder meer duidelijk, dat de base-overschotten in de rantsoenen daardoor zullen toenemen, echter zonder excessieve waarden te bereiken. ZT zal eveneens toenemen; maar dit schijnt evenmin een groot bezwaar te zijn.



c. Het BT-diagram of basendiagram (fig. 17)

Zowel in de horizontale als in de verticale projectie zijn de beeldpunten der rantsoenen vrij dicht bij elkaar gelegen.

In de horizontale projectie liggen zij op de grens van het grasvaal en wel op het deel daarvan, dat naar het graangebied is gekeerd. Dit komt er op neer, dat het magnesiumprocentgetal betrekkelijk hoog is, vergeleken met dat in het gras en in het bijzonder vergeleken met dat in het gras van kopzielteweiden. Overgang van stalvoeding naar weidegang betekent voor vrijwel alle bedrijven een verschuiving van de basenverhoudingen naar lagere magnesiumprocentgetallen. Voorts vestigen wij er de aandacht op, dat de calciumprocentgetallen in enige der rantsoenen voor gemengd bedrijf zeer gunstig liggen.

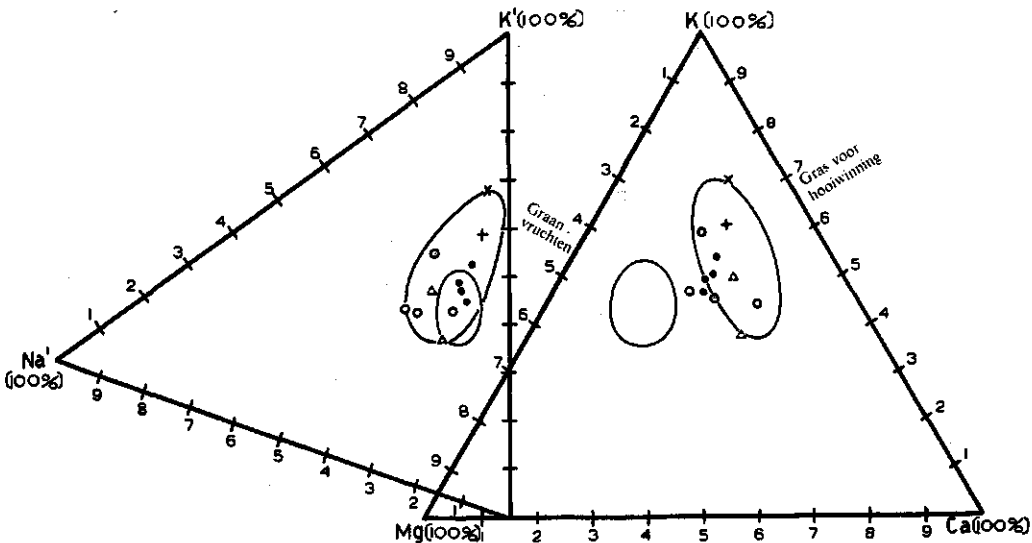


Fig. 17. BT-diagram of basendiagram van een aantal rantsoenen voor verschillende bedrijfstypen.

Ter vergelijking zijn in dit diagram het grasgebied uit fig. 6 en het graanvruchtengebied uit fig. 5 met twee ovalen weergegeven. Eveneens ter vergelijking vindt men beeldpunten voor kunstmatig gedroogd gras en voor gras van kopzielteweiden (zie hiervoor het onderschrift van fig. 16).

De beeldpunten zijn uitgezet gedacht in een tetraëder; de linkse driehoek stelt de verticale projectie voor, de rechtse driehoek vormt de horizontale projectie, de laatste verkregen door centrale projectie uit de top  $Na$  (zie BROUWER, 3, 4, 8).

In de verticale projectie worden de procentgetallen  $Na$  en  $K$  afgelezen, d.w.z. de milliaequivalenten  $Na$  en  $K$ , uitgedrukt als percentages van BT.

In de horizontale projectie worden de milliaequivalenten  $K$ ,  $Ca$  en  $Mg$  afgelezen als percentages van hun som ( $K+Ca+Mg$ ). Wil men ze leren kennen als procentgetallen van BT, dan moet men de afgelezen percentages  $K$ ,  $Ca$  en  $Mg$  vermenigvuldigen met  $\frac{100-Na}{100}$ , waarin  $Na$  het procentgetal  $Na$  uit de verticale projectie voorstelt.

Voor de verklaring der tekens zie fig. 16.

Uit de verticale projectie blijkt, dat de rantsoenen der weidebedrijven niet onaanzienlijk lagere natriumprocentgetallen bezitten dan die der gemengde bedrijven en nog lager zijn deze getallen bij het kunstmatig gedroogde gras en het gras der kopzielteweiden.

Al zijn de beeldpunten der verschillende rantsoenen in elk der beide projecties dus vrij dicht bij elkaar gegroepeerd, toch heeft het er alle schijn van, dat de rantsoenen voor gemengde bedrijven harmonieuzer zijn samengesteld dan die der zuivere weidebedrijven, althans wat de basenverhoudingen betreft. Voorts leest men gemakkelijk uit het diagram af, dat bij voortschrijdende intensivering het gevaar bestaat, dat de basenverhoudingen zich op de zuivere weidebedrijven verder in ongunstige zin zullen ontwikkelen (hoger procentgetal voor kalium en lagere procentgetallen voor calcium, magnesium en natrium). Aan deze aan gelegenheid dient tijdig de volle aandacht te worden geschonken.

*d. Het ZT-diagram of zurendiagram (fig. 18)*

Het zurendiagram geeft eveneens een localisering der beeldpunten in een vrij eng omschreven gebied te zien.

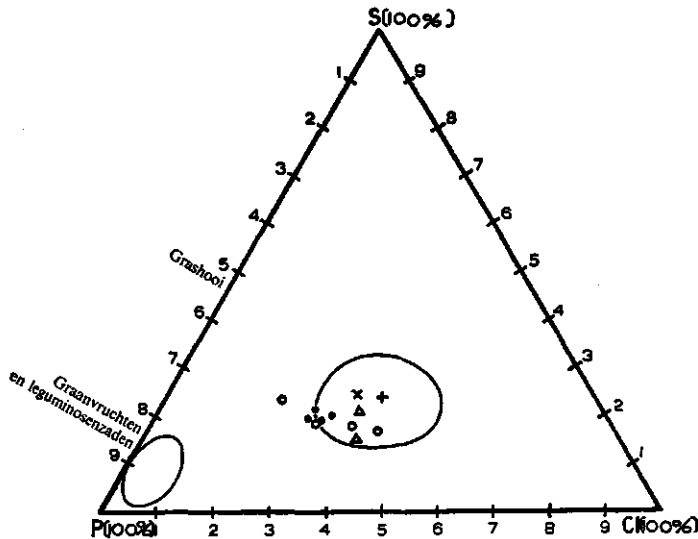


Fig. 18. ZT-diagram of zurendiagram van een aantal rantsoenen voor verschillende bedrijfstypen. Ter vergelijking zijn in dit diagram het hooigebied en het graan- plus peulvruchtengebied uit fig. 7 met twee ovalen weergegeven. Eveneens ter vergelijking vindt men beeldpunten voor kunstmatig gedroogd gras en voor gras van kopziektweiden (zie hiervoor het onderschrift van fig. 16).

In dit diagram worden de procentgetallen P, Cl en S afgelezen, d.w.z. de milliequivalenten P, Cl en S, uitgedrukt als percentages van hun som ZT.

Voor de verklaring der tekens zie fig. 16.

Het meest stellen wij hier belang in het phosphor. Het gehalte daaraan in de rantsoenen blijkt in het algemeen vrij hoog te zijn, vergeleken bij het hooi (de ovaal), het kunstmatig gedroogde gras en het gras der kopziektweiden. Niettemin is het duidelijk, dat er bij de vermindering der voorziening met granen en veeboek (zie ook fig. 7) enige verschuiving naar lagere phosphorprocentgetallen mag worden verwacht. Voorts bedenke men, dat het phosphorgehalte van hooi, gras en grasproducten vrij sterk afhankelijk is van de phosphorzuurbemesting. Bij phosphorarm ruwvoeder zouden de beeldpunten aanmerkelijk naar het gebied der lage phosphorprocentgetallen kunnen verschuiven, zodat men ook dit punt goed in het oog dient te houden.

e. Het AA-EA-diagram of alkaliteitsdiagram (fig. 19)

Zowel AA als EA is in alle gevallen positief. Beide vertonen echter aanzienlijke variaties. In het algemeen kan men zeggen, dat stijgen van de een met stijgen van de andere gepaard gaat, echter zodanig, dat AA bij praktisch alle rantsoenen groter is dan EA, zodat  $VA = AA - EA$  matig sterk positief is.

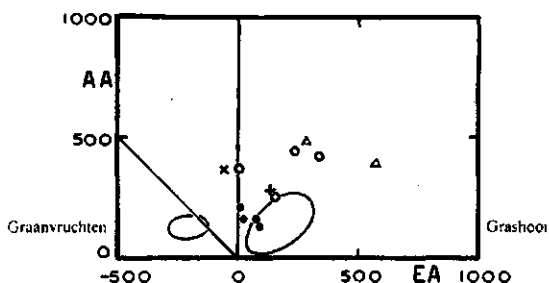


Fig. 19. AA-EA-diagram of alkaliteitsdiagram van een aantal rantsoenen voor verschillende bedrijfstypen.

Ter vergelijking zijn in dit diagram het hooigebied uit fig. 10 en het graanvruchtengebied uit fig. 9 met twee ovalen weergegeven. Eveneens ter vergelijking vindt men beeldpunten voor kunstmatig gedroogd gras en voor gras van kopziektewiden (zie hiervoor het onderschrift van fig. 16).

Horizontale as: EA = Aardalkali-alkaliteit (milliequivalenten per kg droge stof)

Verticale as: AA = Alkali-alkaliteit (milliequivalenten per kg droge stof)

Voor de verklaring der tekens zie fig. 16.

Het bovenstaande neemt niet weg, dat EA bij de rantsoenen voor weidebedrijven en bij één van die voor gemengde bedrijven op zandgrond, een zeer lage waarde bezit. In het laatste geval ligt het beeldpunt dicht bij het beeldpunt van het gras van kopziektewiden. Het betreft hier rantsoen  $Z_{12b}$ , bestaande uit hooi, gerstestro, voederbieten en krachtvoer. Het gehalte aan fosfor in dit rantsoen wijkt niet veel van dat in de overige af. De gehalten aan Ca en Mg zijn echter beslist laag. Aanvulling van een dergelijk rantsoen met krijt en een magnesiumzout schijnt geenszins overbodig. Het is belangwekkend dit rantsoen te vergelijken met rantsoen  $GB_{3b}$  voor gemengd bedrijf op kleigrond (in fig. 19 de driehoek met de hoogste AA), welk rantsoen niet veel van  $Z_{12b}$  verschilt en dat bestaat uit hooi, haverstro, klaverhooi, voederbieten en krachtvoer. Toch is EA hier sterk positief, zodat het beeldpunt een heel eind verder naar rechts ligt. Het is duidelijk, dat het klaverhooi, dat rijk is aan Ca en aan Mg, corrigerend heeft gewerkt.

Niet minder dan vijf der rantsoenen hebben een AA-waarde gelijk aan of hoger dan die van het gras van kopziektewiden. Aangezien het hier van ouds gebruikelijke rantsoenen voor gemengde bedrijven betreft, zou men welhaast moeten besluiten, dat de hoge AA-waarde van het gras van kopziektewiden als zodanig geen overwegende rol bij het ontstaan der kopziekte kan spelen. Ten aanzien van het base-overschot  $VT = TA$  waren wij reeds, bij de bespreking van fig. 16, tot een overeenkomstige conclusie gekomen. De zuur-base-verhoudingen en de alkaliteitsverhoudingen grijpen echter zó diep in het fysiologische gebeuren in, dat wij niettemin op onze hoede moeten blijven.

f. Het AA-diagram of alkali-alkaliteitsdiagram (fig. 20)

In de verticale projectie liggen alle beeldpunten in een klein bestek bijeen met dien verstande, dat de zwavelprocentgetallen in de rantsoenen der weidebedrijven en in de beide grassen duidelijk hoger zijn dan die in de rantsoenen voor gemengd bedrijf. Een eventuele physiologische betekenis durven wij daaraan echter niet toe te kennen.

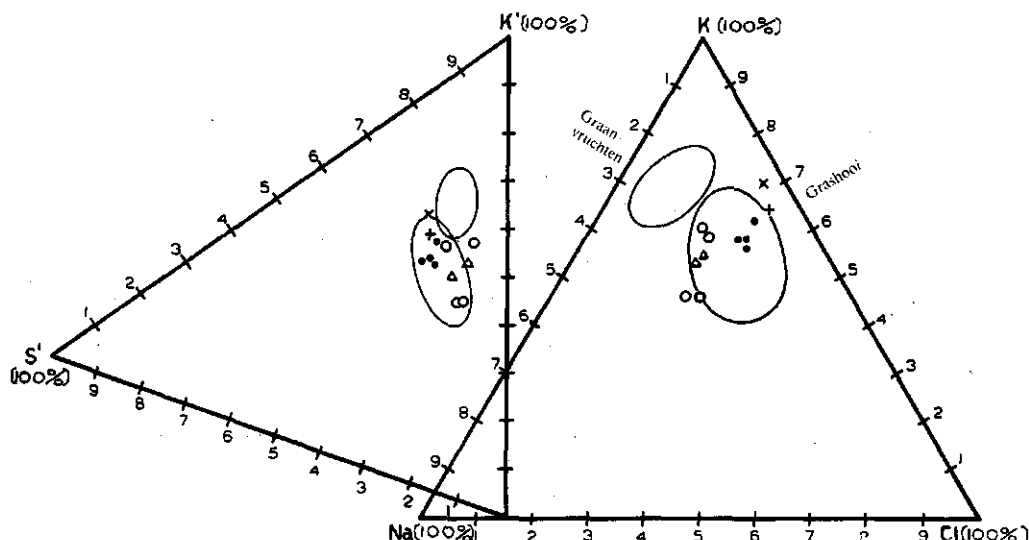


Fig. 20. AA-diagram of alkali-alkaliteitsdiagram van een aantal rantsoenen voor verschillende bedrijfstypen.

Ter vergelijking zijn in dit diagram het hooigebied uit fig. 13 en het graanvruchtengebied uit fig. 12 met twee ovalen weergegeven. Eveneens ter vergelijking vindt men beeldpunten voor kunstmatig gedroogd gras en voor gras van kopziektewiden (zie hiervoor het onderschrift van fig. 16).

De beeldpunten zijn uitgezet gedacht in een tetraëder; de linkse driehoek stelt de verticale projectie voor, de rechtse driehoek vormt de horizontale projectie, de laatste verkregen door centrale projectie uit de top  $S$  (zie BROUWER, 3, 4, 8).

In de verticale projectie worden de procentgetallen  $K$  en  $S$  afgelezen, d.w.z. de milliequivalenten  $K$  en  $S$ , uitgedrukt als percentages van de som  $K + Na + Cl + S$  (de som der componenten van  $AA$ ).

In de horizontale projectie worden de milliequivalenten  $K$ ,  $Na$  en  $Cl$  afgelezen als percentages van hun som ( $K + Na + Cl$ ). Wil men ze leren kennen als procentgetallen van de som  $K + Na + Cl + S$ , dan moet men de afgelezen percentages  $K$ ,  $Na$  en  $Cl$  vermenigvuldigen met  $\frac{100-S}{100}$ , waarin  $S$  het procentgetal  $S$  uit de verticale projectie voorstelt.

Voor de verklaring der tekens zie fig. 16.

In de horizontale projectie nemen de beeldpunten der rantsoenen voor gemengd bedrijf het centrale gedeelte van de driehoek in. De procentgetallen  $K$ ,  $Na$  en  $Cl$  verhouden zich hier ongeveer als 2:1:1, zodat de  $Na/Cl$ -verhouding ongeveer gelijk is aan 1. Bij de rantsoenen der weidebedrijven is deze verhouding verschoven in die zin, dat het kaliumprocentgetal groter is ten koste van het natrium. De  $Na/Cl$ -verhouding wordt daardoor  $12/30 = 0,4$ . Nog verder is dit proces voortgeschreden bij het kunstmatig gedroogde gras en bij het gras van kopziektewiden, waarin de verhouding gedaald is tot ca 0,15.

A priori zouden wij geneigd zijn een Na/Cl-verhouding ter grootte van 1, zoals in de rantsoenen der gemengde bedrijven en overeenkomende met die in keukenzout, als gunstiger te beschouwen dan de veel lagere verhoudingen in de rantsoenen voor weidebedrijven en in de beide grassoorten. Zoals echter reeds eerder werd gezegd, geeft de physiologische literatuur ons omtrent de gunstigste Na/Cl-verhouding geen inlichtingen, zodat dit punt nog nader onder het oog ware te zien.

Tenslotte nog de K/Na-verhouding. De enorme variatie van deze verhouding, waarop bij de bespreking van het BT-diagram reeds opmerkzaam is gemaakt, komt in fig. 20 eveneens tot uiting.

*g. Het EA-diagram of aardalkali-alkaliteitendiagram (fig. 21)*

Ook hier nemen de meeste beeldpunten het centrale deel van de driehoek in beslag. Intussen valt het gras der kopziekteweiden weer op door zijn relatieve armoede aan Ca en Mg.

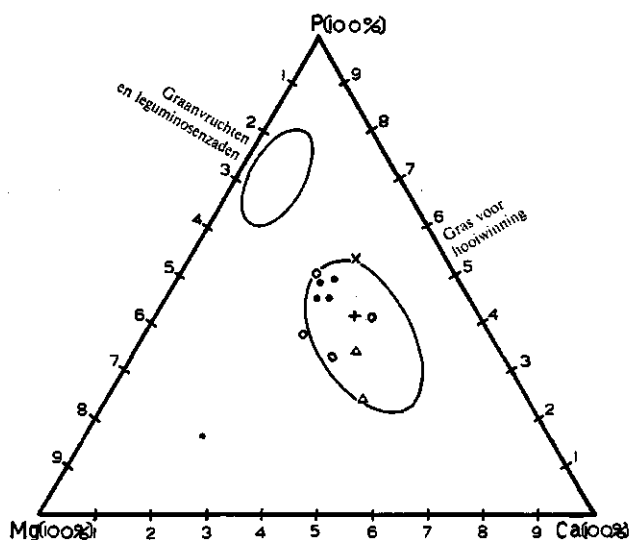


Fig. 21. EA-diagram of aardalkali-alkaliteitendiagram van een aantal rantsoenen voor verschillende bedrijfstypen.

Ter vergelijking zijn in dit diagram het graan- en peulvruchtengebied alsmede het grasgebied uit fig. 15 met twee ovalen weergegeven. Eveneens ter vergelijking vindt men beeldpunten voor kunstmatig gedroogd gras en voor gras van kopziekteweiden (zie hiervoor het onderschrift van fig. 16).

In dit diagram worden de procentgetallen Ca, Mg en P afgelezen, d.w.z. milliequivalenten Ca, Mg en P, uitgedrukt als percentages van hun som  $Ca + Mg + P$  (de som der componenten van EA).

Voor de verklaring der tekens zie fig. 16.

De spreiding der beeldpunten wordt in hoofdzaak veroorzaakt door de schommelingen der Ca/P-verhouding. Omtrent de getallenwaarden van deze verhouding krijgt men een goede indruk door zich de beeldpunten door centrale projectie uit het hoekpunt *Mg* als centrum geprojecteerd te denken op de zijde *PCa*. Het blijkt dan, dat de Ca/P-verhouding schommelt tussen 0,5 en 2,0. De

gunstigste waarde ligt waarschijnlijk tussen 0,5 en 1,0 <sup>1)</sup>. Inderdaad liggen de meeste beeldpunten in dit gebied. Slechts in drie gevallen ligt deze verhouding tussen 1,0 en 2,0. Het zijn de rantsoenen voor gemengd bedrijf met veel bietenblad, klaver en (of) klaverhooi. De hoge verhouding wordt hier in de eerste plaats veroorzaakt door de hoge Ca-gehalten van deze voedermiddelen; alleen bij het rantsoen GB<sub>1b</sub> speelt de karige P-voorziening er eveneens een rol bij. Enige extra-toediening van P is hier zeker op zijn plaats, vooral wanneer de vitamine-D-voorziening niet ruim is en de reservevoorraden aan dit vitamine in het koeienlichaam uitgeput raken, hetgeen tegen het einde der stalperiode het geval zal zijn.

## 5. SAMENVATTING

Omtrent de minerale samenstelling der voedermiddelen, voor zover het de elementen K, Na, Ca, Mg, Cl, S en P betreft, vindt men reeds uitvoerige gegevens in de zgn. tabellen van WOLFF uit het jaar 1880 (36). Veel minder uitvoerig zijn de nieuwere tabellen van MACH en HERRMANN uit het jaar 1934 (23). In het algemeen vindt men tussen deze tabellen geen belangrijke verschillen, behalve wat betreft de elementen Na en Cl, die in de tabellen van WOLFF aanmerkelijk lager liggen, waarschijnlijk doordat er bij de oudere bepalingen verliezen aan deze elementen zijn ingetreden. Vermoedelijk geldt dit in zekere mate ook voor het element S.

Wat in het bijzonder het hooi betreft, wordt in de onderhavige verhandeling een groot aantal afzonderlijke analyses uit de jaren 1931, 1932 en 1933 vermeld, ons welwillend ter beschikking gesteld door het Centraal Veevoederbureau in Nederland.

Behalve van de tot nu toe genoemde gegevens werd door ons ook nog gebruik gemaakt van analyses van de bijproducten der olie- en meelindustrie en van ingekuuld gras, welke gegevens uit andere bronnen werden geput.

De betekenis van de mineralen in de voedermiddelen is ten behoeve van de veevoeding reeds vele malen bestudeerd, waarbij de verschillende mineralen echter meestal afzonderlijk in ogenschouw werden genomen. Geleidelijk echter heeft de overtuiging veld gewonnen, dat zij in het lichaam niet onafhankelijk van elkaar werken, maar dat verschillende mineralen gelijksoortige of tegen-gestelde werkingen kunnen ontvouwen. Door doelmatige combinatie van enige mineralen kan men dan ook bepaalde grootheden berekenen, die van zodanig fysiologisch belang zijn, dat hun studie ten zeerste de aandacht verdient. In verband daarmee werden de onderstaande grootheden berekend, nadat de gehaltecijfers in milliequivalenten per kg droge stof waren uitgedrukt.

BT = base-totaal =  $K + Na + Ca + Mg$ ,

ZT = zuur-totaal =  $Cl + S + P$ ,

TT = mineraal-totaal =  $BT + ZT$ ,

VT = base-overschot =  $BT - ZT$ ,

AA = alkali-alkaliciteit =  $K + Na - Cl - S$ ,

EA = aardalkali-alkaliciteit =  $Ca + Mg - P$ ,

TA = VT = totaal-alkaliciteit = base-overschot =  $AA + EA$ ,

VA = alkaliteitsverschil =  $AA - EA$ .

<sup>1)</sup> Deze grenzen komen overeen met 1,0 en 2,0, wanneer men niet uitgaat van milliequivalenten Ca en P, maar, zoals gewoonlijk, van gewichtseenheden Ca en P.

Behalve aan de bovenstaande grootheden, die alle zijn geschreven in de vorm van algebraïsche *sommen* (de verschillen of overschotten dus inbegrepen), hecht men bij de minerale bestanddelen eveneens grote waarde aan hun onderlinge *verhoudingen*, die in de vorm van *quotiënten* kunnen worden gebracht, zoals de Ca/P-verhouding, de K/Ca-verhouding enz.

De studie van de sommen BT, ZT enz. werd zeer vergemakkelijkt door het gebruik van een Cartesisch coördinatenstelsel met twee assen (4, 8, 9). Voor de onderlinge verhoudingen van drie en van vier grootheden heeft men veel profijt van een driehoeksdiagram resp. tetraëderdiagram (4, 5, 8). Met behulp van deze laatste twee werden de onderlinge verhoudingen van de componenten van BT, van ZT, van AA en van EA in diagram gebracht.

In bijkans alle diagrammen werd een zeer aanzienlijke spreiding der beeldpunten waargenomen. Niettemin zijn de beeldpunten van gelijksoortige voedermiddelen bij elkaar gelegen in gebieden, welke door ovals konden worden begrensd. Deze gebieden typeren dus de mineraalconstellaties van de afzonderlijke groepen van voedermiddelen. Voor de nadere bespreking er van zij naar de text verwezen.

Vervolgens werd de mineraalconstellatie bestudeerd van tien volledige rantsoenen voor een koe van 500 kg l.g. en een dagopbrengst van 20 kg melk met 3,75 % vet. Het betrof vier rantsoenen voor het zuivere weidebedrijf (zonder aankoop van ruwvoedermiddelen), twee rantsoenen voor het gemengde kleibedrijf en vier rantsoenen voor het gemengde bedrijf op zandgrond. Bovendien werd een rantsoen van enkel jong gras met 15 kg droge stof in ogenschouw genomen. Bij geen dezer rantsoenen is met extra-toevoeging van mineralen rekening gehouden.

In het algemeen waren de absolute hoeveelheden der mineralen in de rantsoenen voldoende om de op theoretische overwegingen berekende behoeften van een koe als boven bedoeld te dekken. Men bedenke echter, dat voor de voedermiddelen *gemiddelde* analyses zijn gebruikt, waarbij de strooiing grotendeels is vereffend. Juist deze strooiing zal maken, dat de mineraalcijfers in de rantsoenen, zoals zij op de afzonderlijke boerderijen in werkelijkheid worden gevoederd, aanmerkelijk lager kunnen liggen en zelfs beneden de behoeftecijfers zouden kunnen dalen. Dit geldt in het bijzonder voor de elementen Ca, P en Na. Inderdaad zijn deze laatste de voornaamste bestanddelen van vele mineralenmengsels. Het Cl was in overmaat aanwezig en in nog veel sterkere mate gold dit voor het K. Wellicht vinden wij in de overmaat K de sleutel voor de opvatting, dat de behoefte aan Na en Mg volgens praktische ervaringen groter is of althans groter kan zijn dan op grond van het huidige theoretische inzicht mag worden verwacht.

In de diagrammen der mineraalsommen (milliequivalenten per kg droge stof) en mineraalverhoudingen bleek de spreiding van de beeldpunten der volledige rantsoenen zeer veel geringer te zijn dan die der afzonderlijke voedermiddelen. Aangezien omtrent de optimale waarden van de mineraalsommen en -verhoudingen in het voeder betrekkelijk weinig bekend is, kan nog niet goed worden overzien in hoeverre al of niet naar een doelbewuste wijziging van deze sommen en verhoudingen moet worden gestreefd, ook dan nog wanneer de *absolute* hoeveelheden der afzonderlijke mineralen voldoende moeten worden geacht.

Niettemin veroorloven wij ons op enige punten de aandacht te vestigen. Zo is het opvallend, dat de base-overschotten in de meeste rantsoenen voor gemengd bedrijf door het gebruik van voedermiddelen als voederbietenloof,

suikerbietenloof en knollenloof zodanige hoge waarden bereiken, dat zij die van het gras der kopziekteweiden overschrijden. De vraag in hoeverre dit ongunstige gevolgen zou kunnen hebben, ware nader onder het oog te zien. Dit laatste geldt eveneens voor de lage EA-waarden ( $\text{Ca} + \text{Mg} - \text{P}$ ) in de rantsoenen voor het weidebedrijf. Bij dergelijke lage EA-cijfers ware meer nog de nadruk te leggen op de extra-toediening van Ca en eventueel Mg dan op die van P.

Wat de onderlinge verhoudingen der basevormende elementen K, Na, Ca, Mg betreft, kan het als een gunstige omstandigheid worden aangemerkt, dat de procentgetallen voor het Mg in de winterrantsoenen over het algemeen hoger zijn dan die in het gras. Overgang van stalvoeding naar weidegang betekent voor vrijwel alle bedrijven dus een verschuiving van de baseverhoudingen naar lagere magnesiumprocentgetallen.

Eveneens blijkt aangaande de basenverhoudingen, dat de rantsoenen der weidebedrijven niet onaanzienlijk lagere natriumprocentgetallen bezitten dan die der gemengde bedrijven en nog lager zijn deze getallen bij het kunstmatig gedroogde gras en het gras der kopziekteweiden. Het heeft er alle schijn van, dat de rantsoenen voor gemengd bedrijf over het algemeen harmonieuzer zijn samengesteld dan die voor de zuivere weidebedrijven, althans wat de basenverhoudingen betreft. Bij voortschrijdende intensivering bestaat het gevaar, dat de basenverhoudingen zich op de zuivere weidebedrijven verder in ongunstige zin zullen ontwikkelen (hoger procentgetal voor K en lager voor Ca, Mg en Na). Reeds vroeger (6) werd er op gewezen, dat hieraan de nodige aandacht ware te schenken.

## ON THE MINERAL CONSTITUENTS AND THEIR RATIOS IN VARIOUS FEEDSTUFFS AND RATIONS

### SUMMARY

The so called tables of WOLFF published in 1880 (36) contain already detailed data on the mineral composition of feedingstuffs as far as the elements K, Na, Ca, Mg, Cl, S and P are concerned. Less extensive are the tables of 1934 (23) composed by MACH and HERRMANN. As a whole these tables do not show very important differences, except as regards the elements Na and Cl, the figures given by WOLFF being considerably lower, very likely because losses were involved with the older determinations. It is probable that the same applies to the element S at least to a certain extent.

In regard to hay a large number of separate analyses of the years 1931, 1932 and 1933, obligingly furnished by the Centraal Veevoederbureau in Nederland, are quoted in the account under review.

Barring the data referred to so far we also used the results of analyses of by-products of the oil and flour industries and of grass silage, these particulars being taken from other sources.

The importance of the minerals in feedingstuffs has been repeatedly studied on behalf of livestock nutrition, the various minerals having been subjected to considerations one by one. Gradually the conviction has won through that they do not act independently in the animal body but that the diverse minerals may exert either similar or opposite effects. By an efficacious combination of a number of minerals it is possible to calculate specific magnitudes, being physiologically of



such an importance that the study of them deserves our special attention. In connection with this the following magnitudes were calculated after the mineral contents had been computed into milli-aequivalents per kg of dry matter.

BT = total of bases =  $K + Na + Ca + Mg$ ,

ZT = total of acids =  $Cl + S + P$ ,

TT = total of minerals =  $BT + ZT$ ,

VT = base excess =  $BT - ZT$ ,

AA = alkali alkalinity =  $K + Na - Cl - S$ ,

EA = alkaline earth alkalinity =  $Ca + Mg - P$ ,

TA = VT = total alkalinity = base excess =  $AA + EA$ ,

VA = alkalinity difference =  $AA - EA$ .

Apart from the magnitudes exposed above all being represented as algebraic *sums* (differences or surpluses therefore included), in the case of the mineral constituents much value is also attached to their mutual *ratios* which can be expressed in *quotients*, as the Ca/P-ratio, the K/Ca-ratio etc.

A study of the sums BT, ZT etc. was very much facilitated by applying a Cartesian system of co-ordinates with two axes (4, 8, 9). For the mutual ratios of three and four magnitudes much advantage can be derived from a triangular diagram respectively a tetrahedral diagram (4, 5, 8). By means of the latter two, the mutual ratios of the components of BT, of ZT, of AA and of EA were plotted out in a diagram.

Almost all diagrams showed an extreme dispersion of the plottings. Anyhow the plottings of similarly composed feedingstuffs are situated in areas close to each other, allowing for a demarcation within ovals. These areas therefore typify the mineral constellations of the separate groups of feedingstuffs. For more particulars the full text may be referred to.

Subsequently a study was made of the mineral constellations of ten complete rations composed for a cow of 500 kgs live-weight and a daily milkyield of 20 kgs with 3,75 per cent butterfat. Included were 4 rations as fed on a purely pastoral farm (without any purchase of bulky feed), 2 rations as fed on mixed farms on clay, and 4 rations as fed on mixed farms on sandy soil. Besides one ration of only young grass containing 15 kgs of dry matter was included. No extra supply of minerals has been taken into account with any of these rations.

As a rule the absolute quantities of minerals present in the rations were sufficient to meet the requirements of a cow as described above and calculated on theoretical grounds. It should be borne in mind, however, that *average* results of analyses of feeding stuffs have been applied, the dispersions being equalized to a large extent. Particularly these dispersions would have the effect that the rates of minerals in the rations, as fed in practice on the individual farms, would be in some instances much lower and could even drop below the figures representative of the actual needs. This statement applies in particular to the elements Ca, P and Na. The latter are actually the principal constituents of many mineral mixtures. The supply of Cl was excessive and this applied even to a larger extent to K. It is not unlikely that the excess of K supplies the key to the conception that the need of Na and Mg is larger, or at least may be larger, according to practical experience than could be expected on account of the theoretical insight prevailing today.

In the diagrams of the mineral sums (milli-equivalents per kg dry matter) and the mineral ratios, the dispersion of the plottings with complete rations proved to be much more restricted than in the case of the separate feedingstuffs.

As very little is known yet about the optimal values of mineral sums and ratios in feed, it is not well possible to judge in how far an aimful modification of these sums and ratios should be pursued or not, even then, if the *absolute* quantities of the individual minerals are thought to be adequate.

Nevertheless, we allow ourselves to draw the attention to a few particular points. It is very conspicuous that the base excesses in most of the rations fed on mixed farms attain values due to the feeding of fodder like foliage of fodder-beets, of sugar beets and turnips, so high that they exceed those of grass in tetany pastures. The question whether this could have some evil consequences deserves further attention. The same applies to the low EA values ( $\text{Ca} + \text{Mg} - \text{P}$ ) of the rations fed on purely pastoral farms. With such low EA values even more emphasis should be laid on a supplementary supply of Ca and eventually of Mg than of P.

With regard to the mutual ratios of the base forming elements K, Na, Ca and Mg it can be considered as favourable that the figures indicating the ratio of Mg available in winter rations are generally higher than those for grass. The transition from stall-feeding to grazing, however, implies for almost all farms a move of the base ratios towards lower values of magnesium.

As regards the base ratios it is also evident that the rations at pastoral farms show much lower ratios for sodium than those at mixed farms, and the values are even lower still in the case of artificially dried grass and of grass originating from tetany pastures. It seems likely that the rations at mixed farms are in general of a more harmonious composition than those fed on purely pastoral farms, at least as far as the base ratios are concerned. By ever proceeding intensification of farming a risk is run that the base ratios will develop themselves still more unfavourably (higher ratios of K and lower ones of Ca, Mg and Na). In a previous publication (6) it has already been indicated that due attention should be arrested on this subject.

## LITERATUUR

1. BABCOCK, S. M., Wisconsin Agric. Exp. Stat. Rpt. 22 (1905) 129-156.
2. BROUWER, E., Verslagen Landbouwk. Onderz. 41 (1935) 521-560.
3. BROUWER, E., Maandblad voor de Landbouwvoorlichtingsdienst 8 (1951) 208-213.
4. BROUWER, E., Mededelingen van de Landbouwhogeschool 51 (1951) 91-112.
5. BROUWER, E., Mededelingen van de Landbouwhogeschool 51 (1951) 143-150.
6. BROUWER, E., De veevoeding in nieuwe banen (1951) 108-130.
7. BROUWER, E., Maandblad voor de Landbouwvoorlichtingsdienst 9 (1952) 18-19.
8. BROUWER, E., The British Veterinary Journal 108 (1952) 123-131.
9. BROUWER, E., v. D. VLIERT, A. J., Mededelingen van de Landb.hogeschool 51 (1951) 73-90.
10. BRULL, M., Bull. Acad. Roy. Méd. Belge 1 (1936) 444-456.
11. BUNGE, G., Zschr. f. Biol. 9 (1873) 104-143.
12. CENTRAAL VEEVOEDERBUREAU IN NEDERLAND, Ruwvoederrantsoenen en krachtvoedergiften voor melkkoeien (1947).
13. COLBY, R. W., FRYE, C. M., Amer. Journ. Physiol. 166 (1951) 209-212.
14. DAY, H. G., ORENT-KEILES, E., Proc. Soc. exp. Biol. Med. 40 (1939) 638-640.
15. DU TOIT, P. J., MALAN, A. I., GROENEWALD, J. W., Onderstepoort J. Vet. Sc. 2 (1934) 565-606.
16. FLEISCHMANN, W., Lehrbuch der Milchwirtschaft (1920) 95.
17. GRUNERT, R. R., MEYER, J. H., PHILLIPS, P. H., Journ. of Nutr. 42 (1950) 609-618.
18. HART, M. L. 't, Landbouwvoorlichtingsdienst, Med. 16 (1941).
19. HART, M. L. 't, Landbouwk. Tijdschr. 56/57 (1944-'45) 477-487.
20. KOENRAADT, J., Gras- en hooionderzoek ten behoeve van het Centraal Veevoederbureau in Nederland. Slechts een gedeelte is gepubliceerd door 't HART (18).
21. KUNKEL, H. O., PEARSON, P. B., Federation Proc. 7 (1948) 292.
22. KUNKEL, H. O., PEARSON, P. B., Arch. Biochem. 18 (1948) 461-465.
23. MACH, F., HERRMANN, R., Versuchsstationen 119 (1934) 1-173.
24. MACLEOD, R. A., SNELL, E. E., Journ. biol. Chem. 176 (1948) 39-52.
25. MEYER, J. H., GRUNERT, R. R., ZEPPLIN, M. T., GRUMMER, R. H., BOHSTEDT, G., PHILLIPS, P. H., Am. Journ. Physiol. 162 (1950) 182-188.
26. MORRISON, F. B., Feeds and Feeding (1949).
27. ORENT-KEILES, E., MCCOLLUM, E. V., Journ. biol. Chem. 133 (1940) 75-81.
28. PEARSON, P. B., SPARKS, P., Am. Journ. Physiol. 153 (1948) 432-435.
29. RICHARDS, M. B., GODDEN, W., HUSBAND, A. D., Biochem. Journ. 18 (1924) 651-660.
30. RICHARDS, M. B., GODDEN, W., HUSBAND, A. D., Biochem. Journ. 21 (1927) 971-985.
31. SCHOORL, P., Dissertatie Wageningen (1934).
32. SJOLLEMA, B., Landbouwk. Tijdschr. 43 (1931) 67-77, 139-147, 593-610, 793-815.
33. SÖDERSTRÖM, N., Nord. Med. 45 (1951) 238-240.
34. TUFTS, E. V., GREENBERG, D. M., Journ. biol. Chem. 122 (1937/38) 715-726.
35. WADLEIGH, C. H., Ann. Rev. Biochem. 18 (1949) 655-678.
36. WOLFF, E., Aschenanalysen II (1880).